



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“REDUCCIÓN DE DESCARTES EN LA PRODUCCIÓN DE EQUIPOS Y REPUESTOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC EN LA EMPRESA CONSORCIO METALÚRGICO S.A.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Jesus Ccala Torres

Asesor:

Ing. Carlos Pedro Saavedra López

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme dado la vida, salud, acompañarme en todo el trayecto de mi vida logrando los objetivos.

A mi esposa e hijos.

A ellos por acompañarme en todo este proyecto y ser la fuente de mi inspiración por la motivación constante.

A mis padres y hermanos.

Por apoyarme en todas las circunstancias, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido alcanzar este objetivo.

A los compañeros de trabajo de la empresa consorcio metalúrgico s.a. por todos los apoyos incondicional.

Muchas Gracias

AGRADECIMIENTO

A la universidad privada del norte por haberme permitido ser parte de ella y abrir las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera y a todos los docentes que compartieron sus conocimientos en cada área de mi carrera.

A toda mi familia, amigos y compañeros de trabajo que comparten conmigo su día a día y formar parte de mi aprendizaje y experiencia.

A mi asesor por brindar su tiempo en la asesoría de la elaboración de mi tesis de reducción de descartes en la producción de equipos y repuestos en la compañía Consorcio Metalúrgico S.A.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1. Introducción.	13
1.2. Formulación del Problema.....	16
1.3. Justificación	17
1.4. Objetivos.....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2. Antecedentes	19
2.2. Bases Teóricas.....	21
2.3. La Organización	25
2.4. Instalaciones y medios operativos	31
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	40
3.1. Etapa Definir	40
3.2. Etapa Medir.....	45
3.3. Etapa Analizar.....	50
3.4. Etapa Mejorar	59
3.5. Etapa Controlar.....	67
3.6. Desarrollo de los objetivos.....	70
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	75

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	76
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variación de la producción de acero 2016-2017 en el Mundo	13
Tabla 2 Variación de la producción de acero 2016-2017 en América Latina	14
Tabla 3 <i>Extracción de minerales en el Perú</i>	14
Tabla 4 Frecuencia de productos descartados enero – octubre 2017.....	16
Tabla 5 Defectos de producción mensual entre enero y octubre del 2017	41
Tabla 6 Frecuencia de fallas en el proceso Moldeo/Tapado.....	45
Tabla 7 Porcentaje de descartes de las toneladas producidas enero-octubre 2017..	47
Tabla 8 Variables críticas del proceso Moldeo/Tapado.....	51
Tabla 9 Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad verter arena en molde inferior.	55
Tabla 10 Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad verter arena en molde superior.....	56
Tabla 11 Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad flameado de molde.	57
Tabla 12 Propuesta de soluciones para el factor rechupe en actividad presentación de modelo y sistema de alimentación.....	58
Tabla 13 Solución 1: Colocación correcta de canales de desfogue	59
Tabla 14 <i>Solución 2: Visto bueno en tarjeta de colada</i>	60
Tabla 15 Solución 3: Verificar que temperatura de molde no exceda valores permitidos.	61
Tabla 16 Solución 4: Cambio del sistema de bombeo de resina y catalizador en proceso de mezcla de arena	62
Tabla 17 Costo de la implementación de las soluciones	65

Tabla 18 Porcentaje de descartes de las toneladas producidas noviembre-agosto 2018	67
Tabla 19 Porcentaje de descartes de las toneladas producidas noviembre-agosto 2018	71
Tabla 20 Pronostico de descartes noviembre 2017-agosto 2018 sin la mejora a un promedio de 5.25%.....	72
Tabla 21 Estimación de flujos mensuales de ahorro noviembre 2017 – agosto 2018	72
Tabla 22 Tabla de flujos valorizados al 31 de octubre del 2017	73
Tabla 23 Análisis económico de la aplicación de la metodología DMAIC en la reducción de descartes en la empresa Consorcio Metalúrgico S.A.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso Fuente: F. D'Alesio Autor: Elaboración propia	21
Figura 2. Etapas de la Metodología DMAIC Fuente: Lean Six Sigma Autor: Elaboración propia.....	23
Figura 3. Organigrama de la empresa Consorcio Metalúrgico S.A. Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia	27
Figura 4. Mapa de Procesos de COMESA Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración: Propia.....	28
Figura 5. Clientes del Consorcio Metalúrgico S.A. Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración: Propia.....	29
Figura 6. Lista de proveedores de COMESA Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	30
Figura 7. Plano de fabricación Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	31
Figura 8. Modelo de madera Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	32
Figura 9. Moldeo Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	32
Figura 10. Tapado y Fusión Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	33
Figura 11. Solidificación Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	33
Figura 12. Desmolde de piezas fundidas Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	34
Figura 13. Tratamiento térmico Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	34

Figura 14. Acabado de piezas Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	35
Figura 15. Almacén de Fundición Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	35
Figura 16. Distribución de planta Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	36
Figura 17. Equipos producidos por COMESA Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	38
Figura 18. Ubicación del Problema de estudio Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	40
Figura 19. Diagrama de Pareto de fallas o productos descartados.	42
Figura 20. Área donde se originan el 64% de los descartes Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	42
Figura 21. Diagrama SIPOC del proceso Moldeo/Tapado Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	43
Figura 22. Factores críticos de calidad para el cliente interno Acabados Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	44
Figura 23. Diagrama de Pareto de factores críticos en el proceso Moldeo/Tapado Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	46
Figura 24. Porcentajes de descartes de la producción en toneladas enero – octubre 2017 Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	48
Figura 25. Prueba de normalidad de los datos de porcentajes de descartes enero – octubre 2017	48
Figura 26. Promedio de descarte enero – octubre 2017 Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia (Software Minitab).....	49

Figura 27. Histograma de capacidad Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia (Software Minitab).....	49
Figura 28. Grafica de la capacidad del proceso antes de la mejora Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia (Software Minitab).....	50
Figura 29. Procesos donde se genera porosidad, rechupe y atrapamiento de gases Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	51
Figura 30. Imagen de porosidad (X1) Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	52
Figura 31. Imagen de rechupe (X2) Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	53
Figura 32. Imagen de atrapamiento de gases (X3) Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia.....	53
Figura 33. Diagrama de Ishikawa de exceso de descartes Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A. Autor: Elaboración Propia	54
Figura 34. Imágenes de caída por gravedad de resina y catalizador sobre arena Fuente: COMESA.....	63
Figura 35. Sistema de bombeo de resina y catalizador sobre arena implementada Fuente: COMESA.....	64
Figura 36. Diagrama de Gantt de la implantación de las soluciones Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia	65
Figura 37 Diagrama de flujo del proceso moldeo/tapado y las mejoras implementadas	66
Figura 38. Porcentaje de descartes noviembre 2017 – agosto 2018 Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia	68

Figura 39. Prueba de normalidad de los datos de porcentaje de descartes noviembre 2017- agosto 2018 Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia.....	68
Figura 40. Promedio de descartes noviembre 2017 – agosto 2018 Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia	69
Figura 41. Histograma de capacidad noviembre 2017 – agosto 2018 Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia.....	69
Figura 42. Gráfica de capacidad del proceso post mejora noviembre 2017 – agosto 2018 Fuente: COMESA Autor: Elaboración propia.....	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

(No hay ecuaciones para mostrar)

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción.

1.1. Realidad Problemática

En el mundo actual no basta con ser capaz de satisfacer la demanda de los clientes en términos de volumen de producción, es necesario al mismo tiempo lograr un alto nivel de eficiencia en el uso de los recursos disponibles para tal efecto para lograr niveles de rentabilidad que asegure la permanencia de las empresas en el mercado donde desarrollan sus actividades. La dinámica de la globalización obliga a las empresas a ser capaces de mejorar constantemente sus procesos para alienarse a sus objetivos estratégicos con la rapidez necesaria para no quedar relegado y perder el nivel de competitividad en un mercado cada vez más exigente. El acero es una de las principales materias primas en la producción de las empresas de fundición, y de acuerdo con la World Steel Association (WSA), la industria del acero a nivel mundial ha tenido un comportamiento estable en cuanto a un crecimiento sostenido entre el 2010 y el 2015, año en que hubo una caída de 3.3%, no obstante en el año 2016 volvió a darse el crecimiento. En cuanto a América Latina, el incremento fue de 7,1% generado principalmente por los buenos resultados de Brasil, Argentina y México.

Tabla 1
Variación de la producción de acero 2016-2017 en el Mundo

Millones de toneladas	Ene-dic 2016	Ene-dic 2017	% var
América Latina	59.7	63.9	7.10%
India	95.5	101.4	6.20%
China	786.9	831.7	5.70%
Unión Europea	162	168.7	4.10%
Estados Unidos	78.5	81.6	4.00%
Japón	104.8	104.7	-0.10%
Resto del Mundo	322.7	322.7	0.00%
Mundo	1587.3	1674.7	5.50%

Fuente: Worldsteel /Alacero

Autor: Elaboración propia

Tabla 2

Variación de la producción de acero 2016-2017 en América Latina

Millones de toneladas	Ene-dic 2016	Ene-dic 2017	% var
Argentina	4.1	4.6	12.10%
Brasil	31.3	34.4	9.90%
México	18.8	19.9	5.90%
Perú	1.2	1.2	3.30%
Chile	1.2	1.2	0.40%
Colombia	1.3	1.3	-1.50%
Venezuela	0.6	0.4	-19.70%
Otros	1.4	0.9	-32.80%
América Latina	59.7	63.9	7.10%

Fuente: Worldsteel/Alacero

Autor: Elaboración propia

En el Perú las empresas que operan en el sector de los servicios conexos a los minerales se encuentran en un ambiente favorable debido al crecimiento de este sector. Según el instituto nacional de estadística e informática, el comportamiento de la economía peruana en el tercer trimestre del 2017, la actividad de minerales y servicios muestran un crecimiento de 4,5%, impulsadas por la producción de la actividad de extracción de minerales y en los últimos cuatro trimestres se registró un aumento de 6,4%.

Tabla 3

Extracción de minerales en el Perú

Actividad	2017/2016				
	I Trim.	II Trim.	III Trim.	Acumulado al III Trim.	4 últimos Trim.
Minerales y servicios conexos	4,0	3,6	6,0	4,5	6,4

Nota: Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo periodo del año anterior

Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática

Autor: Elaboración propia

La empresa Consorcio Metalúrgico S.A. se encuentra en este contexto mundial de exigencia competitiva y en este sector nacional de servicios conexos a los minerales se encuentra la empresa peruana Consorcio Metalúrgico S.A., ubicada en la Av. Maquinarias 3150, Distrito

Cercado de Lima. La línea de negocio de la empresa es la fundición, que va de la mano con el crecimiento del sector minero. En consecuencia, se plantea lograr un mayor nivel de eficiencia en sus procesos de moldeo y tapado orientada a la fabricación maquinaria minera como molinos, chancadoras, celdas de flotación, entre otras.

Además, atiende la necesidad de las industrias de construcción, pesca y agricultura. Sus exportaciones a Chile, Ecuador, Bolivia y Colombia representan más del 10% de sus ventas. En la actualidad, consorcio metalúrgico cuenta con un total de 230 trabajadores y sus procesos están certificados bajo la norma ISO 9001-2015, los equipos y repuestos que son fabricados por consorcio metalúrgico poseen una gran demanda en el mercado nacional, esto debido al crecimiento del sector minero en el país. Por tal motivo, Consorcio Metalúrgico SA planea mejorar constantemente la eficiencia en su producción.

Para el año 2018, Consorcio Metalúrgico S.A. se ha propuesto hacer crecer su producción de 280 a 430 toneladas mensuales. Para lograr estas metas se requiere reducir los descartes, es decir reducir los productos defectuosos, los tiempos muertos, y los re-procesos. El alto nivel de descartes, que expresado en toneladas entre los meses de enero 2017 a octubre 2017 fue de 162.60 toneladas generando un costo no esperado de 168,128.40 dólares. El 64% de los descartes se originan en los procesos de moldeo/tapado. Por tanto, se hace urgente tomar medidas para solucionar este problema altamente crítico. En este sentido, para el año 2018, uno de los objetivos trazados por Consorcio Metalúrgico SA es la mejora de sus procesos para mantener y mejorar el nivel de competitividad. En línea con esta meta se plantea la aplicación de la metodología DMAIC en los procesos de moldeo y tapado para reducir drásticamente el nivel de descartes en la producción en el año 2018.

Tabla 4

Frecuencia de productos descartados enero – octubre 2017

Áreas	Fallas	Tot Frec	Total	%
Moldeo /Tapado	Porosidad	117	321	64%
	Atrapamiento de gases	68		
	Rechupes	74		
	Inclusiones de arena	44		
	Desplazamiento de molde	18		
Trat. Térmico	Fisura	65	85	17%
	Rotura por choque térmico	18		
	Baja de dureza	2		
Fusión	Inclusiones de escoria	31	44	9%
	Falta material	13		
Modelería	Sobredimensionado	39	39	8%
	Grieta	4		
Acabado	Arranque de material	3	12	2%
	Rotura por maniobra	3		
	Falta de acabado de pza.	2		
Total		501		100%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida la implementación de la metodología DMAIC reduciría los descartes en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A., en el 2018?

1.2.2. Problemas Específico 1

¿Cuál es el nivel actual de descarte antes de la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.?

1.2.3. Problemas Específico 2

¿En qué medida la aplicación de la metodología DMAIC reducirá los descartes en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.?

1.2.4. Problemas Específico 3

¿Cuál es la relación el costo-beneficio de la reducción de descartes mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Teórica

En la presente investigación y desde el punto de vista teórico se evidenciará la validez de la aplicación de la metodología DMAIC como una herramienta efectiva para reducir los descartes en los procesos productivos de moldeo/tapado en una empresa que produce maquinarias mineras, sus partes gastables. La reducción de los descartes impactara en la reducción de sobrecostos, de la demora en las entregas, también en el incremento del cumplimiento de entrega a tiempo de los productos, de la competitividad y rentabilidad. La implementación de la metodología DMAIC permite al mismo tiempo un correcto despliegue de los objetivos y sobre todo la mejor manera de ejecución para lograrlos. El uso de esta metodología es adecuado en este caso debido a que permite reducir la variabilidad de los resultados de los procesos de manera continua a través del control metódico de las variables que generan. En este caso se busca que los descartes no superen el 2% a través del control de las variables que la generan. Finalmente, esta investigación será además una referencia en la aplicación de la metodología DMAIC en la mejora de procesos en las empresas de fundición y metalmecánica, aportando a futuras investigaciones en el mundo académico y laboral.

1.3.2. Justificación Práctica

La presente propuesta de implementación de la metodología DMAIC permitirá mejorar los procesos de moldeo y tapado con el fin de reducir los descartes en la producción de máquinas y repuestos para la minería de la empresa Consorcio Metalúrgico S.A. A partir del logro de objetivo principal, también se logrará la reducción de sobrecostos, crecimiento de la eficiencia en los procesos de moldeo y tapado, incluso un cambio cultural positivo orientado a la mejora continua en todos los participantes de las áreas. Adicionalmente, se espera, como consecuencia del logro de los objetivos de esta tesis, elevar el nivel de competitividad de la empresa para lograr no solo mantenerse en el mercado sino también seguir creciendo tanto a nivel nacional como internacional.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Establecer en qué medida la implementación de la metodología DMAIC reduce los descartes en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A., en el 2018.

Objetivo Especifico 1

Medir el nivel de descarte antes de la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.

Objetivo Especifico 2

Medir la reducción de descarte logrado por la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.

Objetivo Especifico 3

Medir la relación el costo-beneficio de la reducción de descartes mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y repuestos en el Consorcio Metalúrgico S.A.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Pérez y García (2014), master en sistemas modernos en manufactura, titulada, “Implementación de la metodología DMAIC-Sigma en el Envasado de Licores en Fanal”, desarrollada en la universidad de Costa Rica. El artículo trata sobre una propuesta de mejora de la eficiencia en la línea de envasado de pet en una Fábrica Licores, para lo cual se empleó la metodología DMAIC-Seis Sigma. El trabajo se realizó con el fin de solucionar un problema en la línea de envasado de licores en envase pet la cual no operaba a su máxima capacidad debido a deficiencias en la línea. La aplicación de la metodología DMAIC Seis Sigma en la línea de envasado de licores en pet permitió elevar el OEE de 47% a 80%, lo cual permitió cubrir la demanda en el período de mayor venta, la reducción de tiempos muertos en el proceso, una mayor utilización de los recursos instalados y del recurso humano involucrado, optimizando su capacidad de la línea productiva y generando mayores ingresos anuales a la empresa.

Bernal y Osorio (2015), en la tesis para optar en título profesional de Ingeniero Industrial, titulada, “*Optimización del Proceso Productivo de la Sección de Pintura en la de la empresa industrial Cruz Hermanos Mediante la Metodología de Seis Sigma*”, desarrollada en la Facultad Ingeniería de la Universidad libre de Colombia, el objetivo fue la optimización del proceso productivo en la sección de pinturas. La empresa utilizó la herramienta lean Six sigma para dar solución a los problemas de calidad. Encontró las principales causas que influían en la calidad del proceso productivo en la sección de pintura, la cuales eran el alto volumen de re-procesos, y desperdicios. El dinamismo y eficiencia del plan de mejora de la

metodología del Six sigma permiten que la empresa esté preparada para afrontar posibles cambios y/o amenazas que perjudiquen la calidad de sus productos.

Analizar los conceptos básicos de la experiencia profesional, así como describir y explicar las funciones de cada uno de ellos. También se deben mencionar las limitaciones que se presentaron para el desarrollo del proyecto laboral ejecutado.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Ordoñez y Torres (2013), en la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, Titulada, “Análisis de mejora de proceso en una empresa textil empleando la metodología DMAIC”, desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, el objetivo es aplicar la metodología DMAIC para disminuir la variabilidad en el proceso de corte en una empresa del rubro textil. En la evaluación técnica económica de esta tesis se concluye que el proyecto es económicamente viable.

Vega (2012), en la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, titulada, “Mejora de proceso de fundición aplicando la metodología Lean Six Sigma”, desarrollada en la facultad de ingeniería industrial y de sistemas en la universidad nacional de ingeniería, tiene como objetivo reducir la variación del proceso de fundición, planteando las mejoras que conducen a incrementar la calidad, y la velocidad del proceso de fundición. Asimismo disminuir su complejidad y transformarlo en un proceso esbelto y con menos variación que en su estado inicial. La herramienta utilizada fue la metodología Lean Seis Sigma.

Reinoso (2016), en su tesis para optar el grado de magister en ingeniero industrial, titulada, “Propuesta de Mejora para la Reducción de Productos Defectuosos en una Planta de Producción de Neumáticos Aplicando la Metodología de Six Sigma”, desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, tiene como objetivo reducir o eliminar todo aquello que no genere valor al producto. Utiliza el Six Sigma enfocándose en el proceso de mejora DMAIC, en la cual hace uso de diversas herramientas estadísticas para su medición, análisis

y solución del problema. Concluye la tesis con la presentación de un análisis costo beneficio de la implementación de las mejoras, en la cual se demuestra su efectividad en la organización.

2.2. Bases Teóricas

En este capítulo, se definirán y explicara los conceptos de la metodología DMAIC que serán utilizados en planteamiento de la propuesta de mejora para los procesos en estudios. Los conceptos más resaltantes en este capítulo son los siguientes: proceso, mejora de procesos y calidad, Metodología DMAIC y Herramientas de calidad.

2.2.1. Proceso.

Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. Según D'Alessio (2004), el proceso es conjunto de actividades que transforma una entrada en salida, insumos en productos o recursos en resultados, al agregar valor a la entrada para conseguir utilidad, tal como se muestra en la Figura 1.

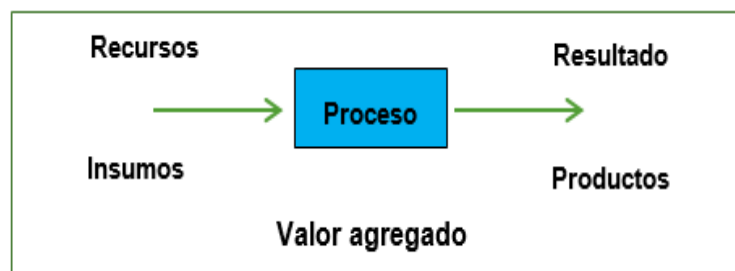


Figura 1. Proceso

Fuente: F. D'Alesiso

Autor: Elaboración propia

2.2.2. Mejora de proceso y Calidad

Collier y Evans (2009) indica que la mejora de procesos es el resultado del rediseño de procesos que ya existen. Lo importante de esta mejora es que tiene como objetivo incrementar los ingresos de la compañía como consecuencia de tener procesos más eficientes, a través de la adquisición de tecnología adecuada, la capacidad de rápidas respuestas ante los cambios en la demanda y en las expectativas del cliente, además de elevar la calidad del producto o servicio prestado al cliente mediante la reducción de defectos, errores, fallas o mal servicio, la reducción de actividades que no agregan valor, la reducción del tiempo de flujo del proceso al eliminar esperas o movimientos innecesarios. El resultado de las mejoras se puede comparar con el desempeño pasado para analizar la magnitud de los impactos obtenidos. Adicionalmente, se puede comparar también con el rendimiento de otras empresas reconocidas como modelos a seguir por su alto nivel de desempeño.

2.2.3. Metodología DMAIC.

Ting, L. (2013) indica que el desarrollo de la metodología Six sigma requiere de mucha disciplina y compromiso, ya que lograr la meta teórica de 3.4 defectos por millón de oportunidades es muy exigente. Para lograr la tendencia, o el camino hacia el logro de esa meta se materializa la metodología DMAIC. Este es un sistema que genera mejoras medibles y significativas a procesos existentes que caen fuera de las especificaciones técnicas. Por ello la metodología DMAIC puede utilizarse cuando el comportamiento de las características medibles de un producto no alcanza las especificaciones que los clientes exigen o que su rendimiento no es la adecuada.

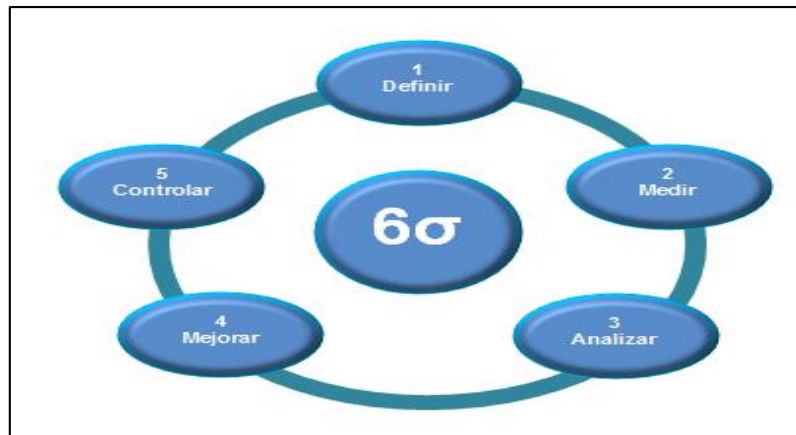


Figura 2. Etapas de la Metodología DMAIC

Fuente: Lean Six Sigma

Autor: Elaboración propia

La metodología DMAIC proviene consiste en cinco fases interconectadas: Definir el objetivo del proyecto de mejora; Medir el proceso con la finalidad de hallar su rendimiento actual; Analizar el proceso para determinar las principales causas raíz de los defectos; Mejorar los procesos a través de la eliminación de los defectos y Controlar el nuevo rendimiento del proceso para mantener su comportamiento.

2.2.3.1. Definir.

En esta etapa se establece el objetivo de la implementación de la mejora indicando el impacto del proyecto en la empresa, identificando a los clientes del proceso a mejorar, y definiendo sus requerimientos. Las herramientas que se pueden utilizar en esta etapa son: el Diagrama SIPOC, para identificar el área de mejora; el Diagrama de Proceso, detallando sus factores críticos; La Voz del Cliente (VOC), que según Breyfogle (2003) sirve para definir al cliente, conocer las necesidades del cliente y asegurar la atención de los requerimientos del cliente; y Los Parámetros Críticos de Calidad (CQT).

2.2.3.2. Medir.

Medir es una etapa clave en el camino del Six sigma, en esta etapa se profundiza en el problema, se busca las causas raíz del problema definido en la etapa previa. Yang (2003)

indica que la etapa Medir es relevante debido a que se requiere recolectar correctamente los datos para evaluar el nivel actual del proceso, y toda información necesaria para el desarrollo de las siguientes etapas. En la etapa definir, se utiliza siguientes herramientas como: El Índice de capacidad del proceso (C_{pk}), utilizada para medir al desempeño actual del proceso y verificación al cumplimiento de las especificaciones del cliente, el Estudio Gage R&R, utilizada para validar el sistema de medición.

2.2.3.3. Analizar.

Para esta fase el objetivo es recolectar información y analizarla para determinar las causas raíz de los defectos y generar las oportunidades de mejora. En seguida se procede a evaluar todas las oportunidades de mejora en función de la importancia respecto a la satisfacción del cliente. Pyzdek (2003) indica que deben usarse las siguientes herramientas: El Diagrama de Pareto, el Análisis Modal Falla Efecto, El Diagrama Ishikawa y la Lluvia de Ideas.

2.2.3.4. Mejorar

Pyzdek (2003), indica que la etapa mejorar es descubrir de manera metódica nuevas maneras de hacer las cosas mejor a bajo costo y de manera ágil. En éste sentido, debe utilizarse técnicas estadísticas para validar las mejoras. Se recomienda utilizar las siguientes herramientas: El diseño de experimentos, la Estandarización de Procesos, el Poka Yoke, el uso de controles visuales.

2.2.3.5. Controlar.

Pyzdek (2003), indica que en esta etapa final se tiene que controlar y dar seguimiento al nuevo modelo de trabajo, además de establecer formalmente el sistema mejorado como el nuevo standard a través de la nuevas compensaciones e incentivos, políticas, procedimientos, instrucciones operativas y otros sistemas de gestión. En este sentido se recomienda la implementación de la estandarización procesos mediante la norma ISO 9001. Se recomienda

hacer uso de las siguientes herramientas estadísticas como: Gráficos de Control, Hojas de verificación, y Procedimientos.

2.2.4. Producción de equipos y repuestos

Se trata de la elaboración de equipos y repuestos a través de procesos de fundición de acuerdo al requerimiento de los clientes del rubro minero, de la construcción, y de la agricultura. Los principales productos son los molinos de bolas, chancadoras cónicas, carros mineros, zarandas vibradoras, entre muchos otros.

Los procesos en forma general se inician con el desarrollo del negocio y acuerdo con el cliente, seguido del desarrollo de la ingeniería, la gestión de la producción, y el montaje y entrega del producto.

2.2.5. Descartes

Los descartes en el lenguaje de la empresa COMESA se refieren a los productos no conformes. Por tanto, la definición teórica en este caso es de productos no conforme. El producto no conforme es aquel que no cumple con los requisitos establecidos por el cliente y con el cual el productor está de acuerdo. En el caso del presente estudio, el cliente interno, el área de acabados controla el producto en proceso, y descarta aquellos que tienen porosidad, rechupes, atrapamiento de gases, desplazamientos, inclusiones de arena, y fisuras.

2.3. La Organización

Consortio Metalúrgico S.A. fue fundada en 1957. Desde entonces su crecimiento ha sido rápido y uniforme. Actualmente el área de producción de sus talleres suma 36,000 m². Desde sus inicios, la capacidad productiva de Consortio metalúrgico s.a. estuvo orientada a la fabricación de maquinarias para la minería, industria, construcción, pesca y agricultura nacionales e internacionales, en general, de todas aquellas que necesitan metal mecánica.

Misión

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, a través del desarrollo de soluciones innovadoras, y de satisfacer las necesidades de nuestros colaboradores y accionistas haciendo negocios rentables y responsables con nuestra comunidad y medio ambiente.

Visión

Ser reconocidos como líder en Ingeniería, fabricación y Montaje de equipos en América Latina.

2.3.1. Organigrama General

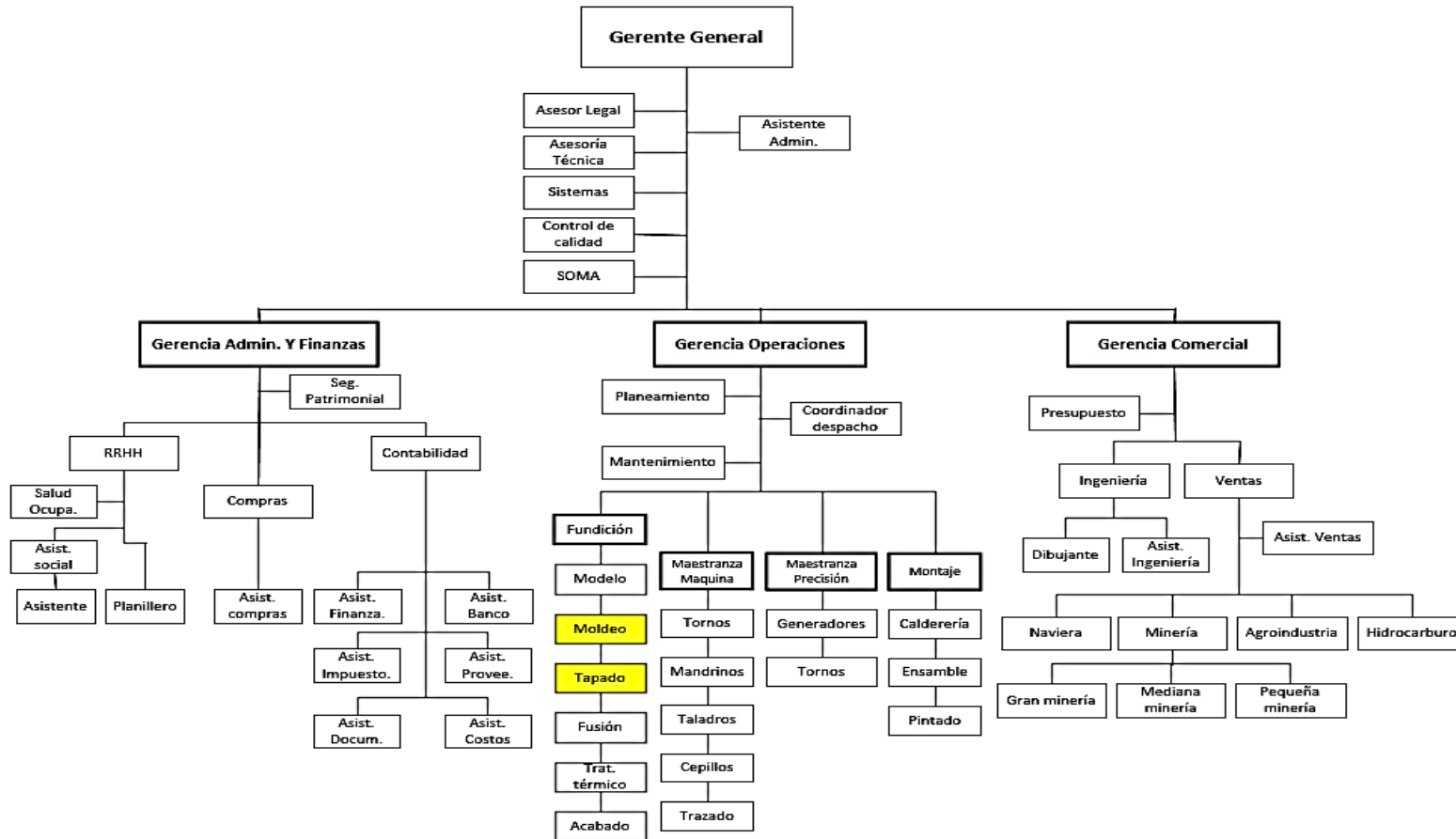


Figura 3. Organigrama de la empresa Consorcio Metalúrgico S.A.

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Los procesos que conforman la organización, están relacionados bajo el concepto de gestión por proceso, contamos 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 2016, con óptimos resultados para la gestión. De la revisión de las operaciones, se ha conceptualizado el siguiente mapa de proceso.

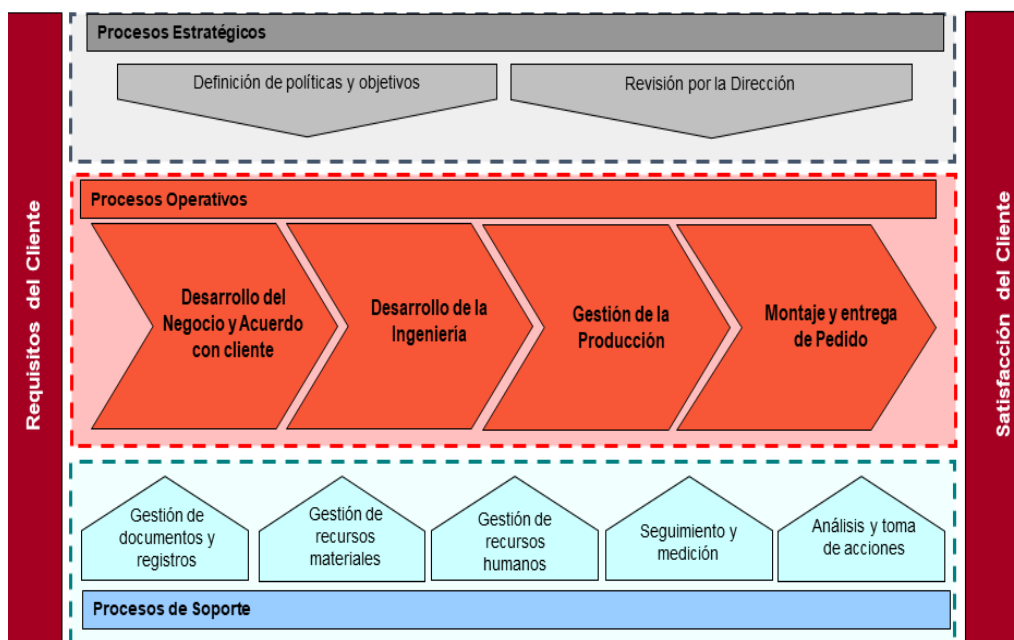


Figura 4. Mapa de Procesos de COMESA

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración: Propia.

El mapa de procesos permite visualizar de manera rápida y sencilla los procesos estratégicos, operativos y de soporte de la empresa COMESA, y su secuencia entre ellos. Este mapa también sirve para generar los procedimientos, instructivos, y registros que son fundamentales para la correcta gestión de la empresa. La empresa COMESA tiene sus procesos estratégicos para definir las políticas, y los objetivos, que deben ser revisados por la dirección para garantizar su cumplimiento. Los procesos operativos son los que generan el negocio de la empresa y además estos procesos son los directamente involucrados con la percepción de la calidad por parte del cliente. Los procesos sirven para proveer, a toda la

organización, los recursos necesarios, en documentación, maquinaria, materiales, y personal. La presente tesis se desarrolla en el proceso de Moldeo y Tapado, el cual se encuentra dentro del macro proceso de la Gestión de la Producción que a su vez forma parte de los procesos operativos de la empresa.

2.3.2. Entidades principales en el modelo del negocio.

2.3.2.1. Clientes

Son aquellas instituciones u organizaciones que contratan los servicios de fabricación de equipos y repuestos para los sectores: minería, pesca, agricultura y construcción. Mercados nacionales e internacionales.



Figura 5. Clientes del Consorcio Metalúrgico S.A.

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración: Propia.

2.3.2.2. Proveedores

Son instituciones que abastecen a la empresa de requerimientos de materiales, insumos, químicos que pueden ser importados y entregados en el momento apropiado, con el fin que el desempeño sea adecuado y eficiente.

PRINCIPALES PROVEEDORES		
ABB S.A.	FEBITEK S.R.L	ABASTECIMIENTOS INDUSTRIALES DEL SUR SAC
COMP.PERUANA DE REDUCTORES S.A.C.	RAGEN S.A.	ACEROS BOEHLER DEL PERU S A
EMPRESA COMERCIALIZADORA DE PETROLEO SAC	S & H REPRESENTACIONES S.A.C.	ACEROS DEL PERU S.A.C.-ACEPSAC
FIRE STAR PERU E.I.R.L.	F Y A REPRESENTACIONES S.A.C.	CIA COMRC IND PERUANO SUECA SA CIPESA
INDUSTRIAS MANRIQUE S.A.C.	PRAXAIR PERU SRL	COMFER S A
MASILJO PERU S.A.C.	TECNOGAS S A	PROVEEDORES PERU INDUSTRIAL S.A.
PROYINDUSTRIAL S.A.C.	CLIMBER WORLD PERU S.A.C.	TRIALLOY INTERNATIONAL SA
REPRESENTACIONES JRV S.R.L	PROCABLES SA	TUBISA S.A.C.
CORPORACION DE NEGOCIOS MEBEN S.A.C.	C & B PROVEEDORES INDUSTRIALES S.A.C.	SUMINOX ACEROS S.A.C.

Figura 6. Lista de proveedores de COMESA

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

2.3.2.3. Competidores

Son aquellas empresas que prestan los mismos servicios, es decir empresa dedicadas a la fabricación de piezas fundidas para moliendas, chancadoras y otras. Entre los principales competidores tenemos:

- Metalúrgica Peruana S.A.
- Fundición Chilca S.A.
- Fundición Callao S.A.
- Fundición Ventanilla S.A.
- Fundición Fumasa S.A.
- Fundición Ferrosa S.A.
- Fundición Perú S.A.

- Fundición Especial S.A.
- Fundición Central S.A.

Es preciso indicar, según las cifras manejadas por Consorcio Metalúrgico S.A. que algunas empresas mencionadas son de competencia directa en la fabricación de repuestos para las maquinas mineras.

2.4. Instalaciones y medios operativos

2.4.1. Planta o Fabrica

Consortio Metalúrgico S.A. fue fundada en 1957. Desde entonces su crecimiento ha sido rápido y uniforme. Actualmente el área de producción de sus talleres suma 36 000 m². Es preciso indicar que la planta está conformada por un área comercial encargada de la negociación del producto, precio, tiempo de entrega y condiciones, un área de ingeniería donde se realiza los planos para la confección de los modelos, ensamble de equipos, mecanizado y otros.

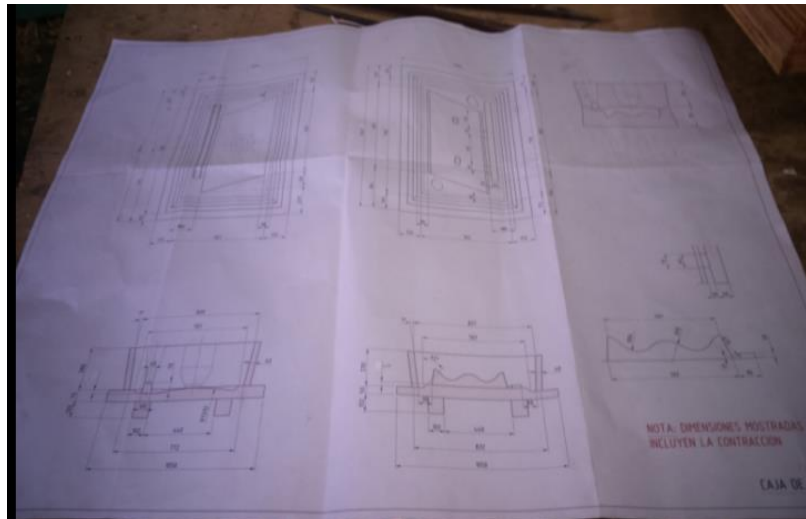


Figura 7. Plano de fabricación

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

La planta cuenta igualmente con un área de Modelaría, en el que se fabrican diferentes diseños de molde y placas modelo, con diferentes materiales tales como madera, resina y aluminio. El modelo es un factor de mucha importancia en el proceso de la fabricación ya que transmite las características del producto final, por esta razón sus propiedades deben ser estudiadas.

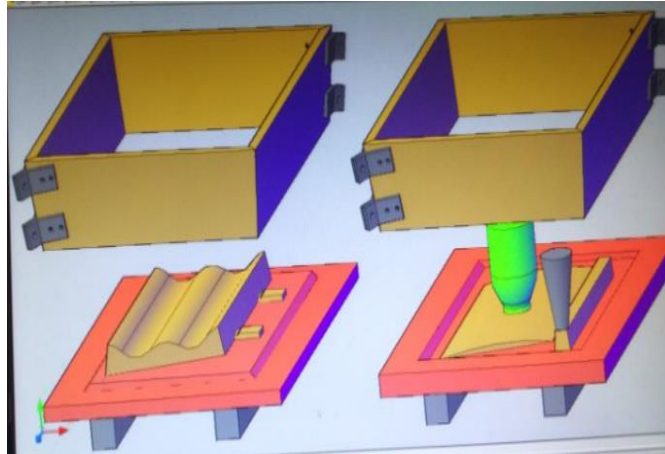


Figura 8. Modelo de madera

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

El área de Moldeo es donde se obtiene una reproducción en negativo del producto fundido a consecuencia del metal líquido introducido en el molde que al solidificarse adquiere la forma del modelo.



Figura 9. Moldeo

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

El área de tapado y fusión, donde en la etapa de tapado se limpia, retoca, pinta, y ensambla el molde para luego secarlo a una temperatura de 200 °C. Finalmente, se tapa y asegura el molde para el vaciado. En la etapa de fusión el metal se calienta a temperatura de fusión, es decir pasa del estado sólido al estado líquido con el uso de un horno arco eléctrico.



Figura 10. Tapado y Fusión

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Área de solidificación y enfriamiento donde, después de la colada, se debe esperar a que la pieza solidifique y se enfríe en el molde. Existen piezas pequeñas que se solidifican más rápido que las piezas macizas o de gran tamaño, y tienen que permanecer enfriándose unos días hasta llegar a una temperatura manipulable.



Figura 11. Solidificación

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Etapa de desmolde, donde, luego de que las piezas se han solidificado y enfriado hasta el punto de poder manipular sin peligro, se procede a desmoldarlas para realizar el corte de las mazarotas y los sistemas de coladas (ataques, canales y bebedero).



Figura 12. Desmolde de piezas fundidas

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Área de Tratamientos Térmicos, donde se desarrollan un conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento, bajo condiciones controladas de temperatura, y tiempo de permanencia, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente las durezas, la resistencia y la elasticidad.



Figura 13. Tratamiento térmico

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Área de Acabados, donde se esmerilan principalmente las piezas en las áreas ásperas, con incrustaciones de arena, con rebabas, y las zonas de las mazarotas.



Figura 14. Acabado de piezas

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Área de almacén exclusivo para la producción, donde se almacenan las materias primas, los insumos, las herramientas, y los repuestos. Este almacén se abastece del almacén principal de la empresa.



Figura 15. Almacén de Fundición

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

2.4.2. Distribución de planta

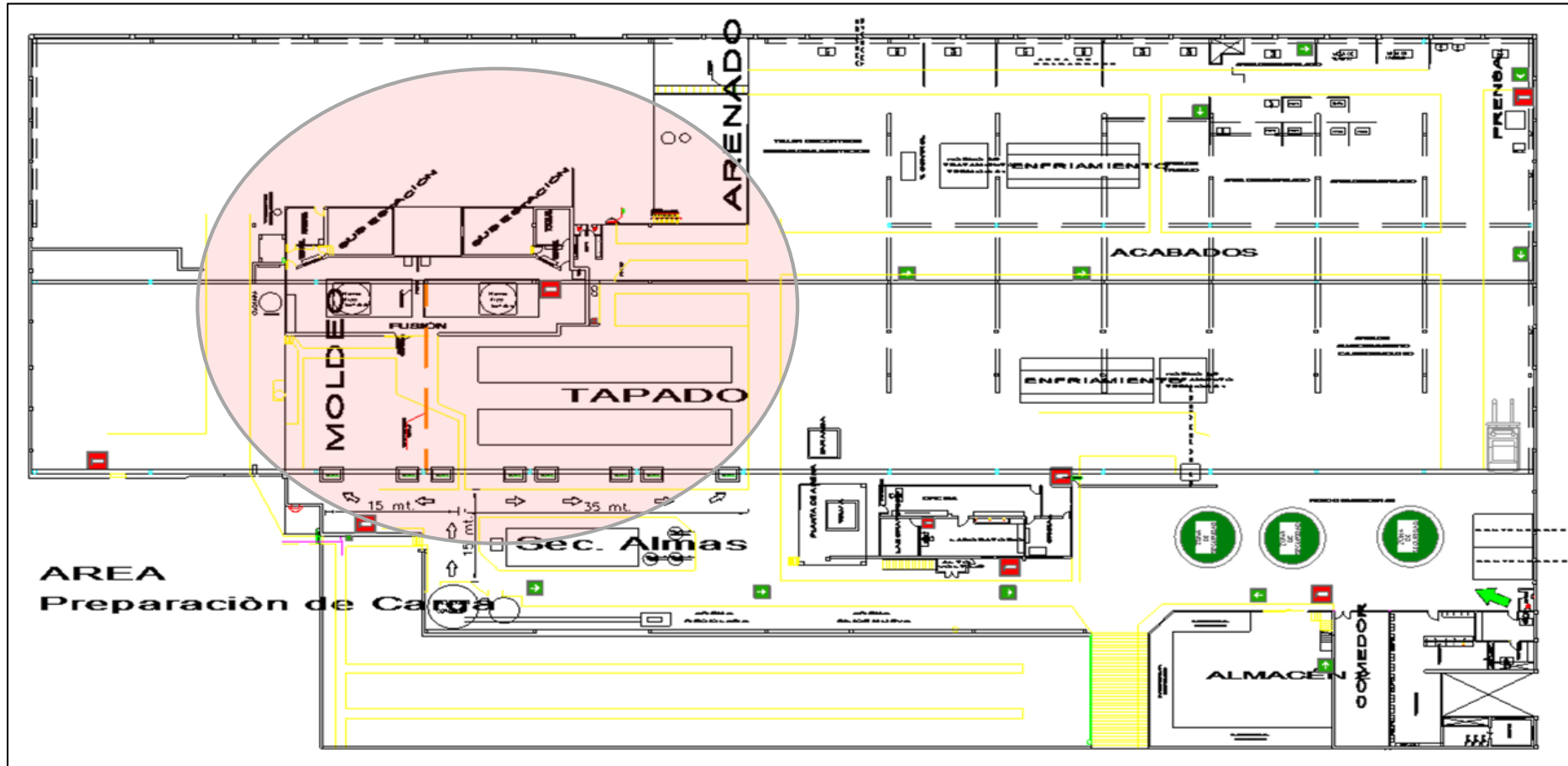


Figura 16. Distribución de planta

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

2.4.3. Máquinas, equipos y herramientas

Entre las principales maquinarias y equipos para sus procesos de la empresa:

- Hornos Arcos Eléctricos (02)
- Horno de Tratamiento térmico (GLP)
- Horno De Tratamiento térmico (Diésel)
- Puentes Grúa (04)
- Puentes Transversales (06)
- Sierra cinta circular
- Lijadora
- Mezclador de pintura (02)
- Winche Longitudinal (08)
- Quemadores y lanza llama (02)
- Prensa Hidráulica (3000 psi)
- Esmeriles de banco
- Esmeriles neumáticos (10)
- Compresora
- Máquina de soldar

2.4.4. Recursos Humanos

La empresa Consorcio Metalúrgico S.A. cuenta aproximadamente 85 trabajadores en su planta, de las cuales 10 se dedican a labores administrativas. Las áreas de Moldeo, Fusión y Tapado laboran en dos turnos. El primer turno labora desde las 7:30 horas hasta las 16:15 horas y el segundo, desde las 22:00 horas hasta las 7:30 horas. Cada turno de trabajo tiene un horario para refrigerio de 45 minutos.

2.4.5. El Producto

Los productos desarrollados por Consorcio Metalúrgico S.A. son a medida y requerimiento de los clientes. Estas son piezas de equipos principalmente para minería, construcción, y agricultura. Los principales productos elaborados por la empresa son los siguientes.



Figura 17. Equipos producidos por COMESA

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

2.4.6. Control de calidad

Conforme a la política de la empresa el control de calidad es realizada continuamente en todo el proceso productivo, es decir modelaría, moldeo, tapado, fusión, acabados se efectúan inspecciones al producto, con la finalidad de reducir los re-procesos y evitar mayores costos de producción. La inspección es al 100%: en el área de despacho donde las piezas son inspeccionadas en su totalidad por los inspectores de calidad.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3. Descripción de la experiencia

3.1. Etapa Definir

3.1.1. Nombre del proyecto

Reducción de descartes en base a la solución de los problemas causa-raíz originadas en el proceso de fundición de la empresa COMESA.

3.1.2. Definición del problema

El alto nivel de descartes, que expresado en toneladas entre los meses de enero 2017 a octubre 2017 fue de 162.60 toneladas generando un costo no esperado de \$ 168,1280.40.

3.1.3. Ubicación del escenario donde se produce el problema

El problema de los altos niveles de descartes se genera en la Área de producción de equipos y herramientas para la minería. Podemos apreciar en el mapa de procesos de COMESA que esta área se encuentra dentro de los procesos operativos.

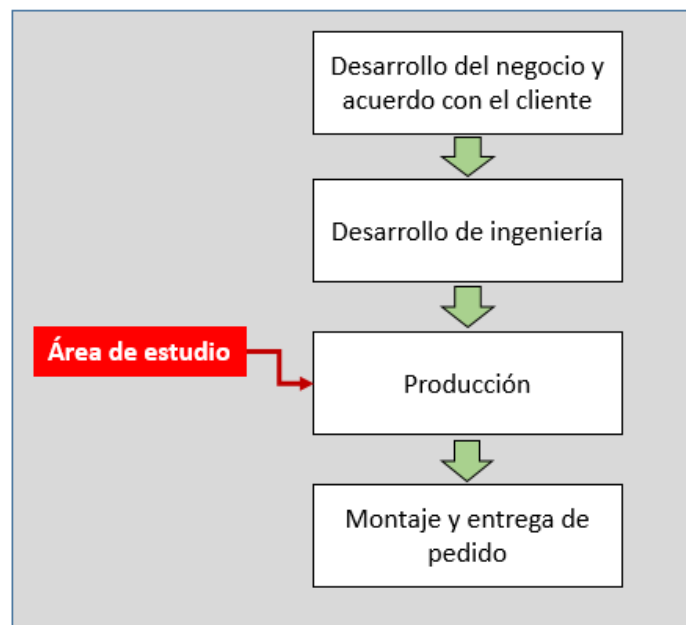


Figura 18. Ubicación del Problema de estudio

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

3.1.4. Ubicación específica y priorización del problema

Para la determinación de la ubicación específica del problema se procede a analizar en qué etapa del proceso de producción se produce o se originan las fallas. Para ello se hace uso de la siguiente tabla donde se presentan las fallas que se presentaron entre los meses de enero 2017 a octubre 2017, y seguidamente se elabora un diagrama de Pareto.

Tabla 5

Defectos de producción mensual entre enero y octubre del 2017

Áreas	Fallas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Tot Frc	Total	%
Moldeo /Tapado	Porosidad	14	41	2	2	11	16	13	0	2	16	117	321	64%
	Atrapamiento de gases	0	0	4	22	17	3	9	0	2	11	68		
	Rechupes	0	2	1	1	23	1	6	3	35	2	74		
	Inclusiones de arena	2	0	2	6	0	3	25	6	0	0	44		
	Desplazamien to de molde	2	0	8	0	1	0	2	1	3	1	18		
Trat. Térmico	Fisura	1	0	3	0	1	49	1	4	1	5	65	85	17%
	Rotura por choque térmico	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	18		
	Baja de dureza	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2		
Fusión	Inclusiones de escoria	0	0	14	4	0	0	1	7	3	2	31	44	9%
	Falta material	4	0	0	0	1	1	0	1	3	3	13		
Modelería	Sobredimensi onado	1	1	37	0	0	0	0	0	0	0	39	39	8%
Acabado	Grieta	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	4	12	2%
	Arranque de material	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3		
	Rotura por maniobra	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3		
	Falta de acabado de pza.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
Total												501	100%	

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

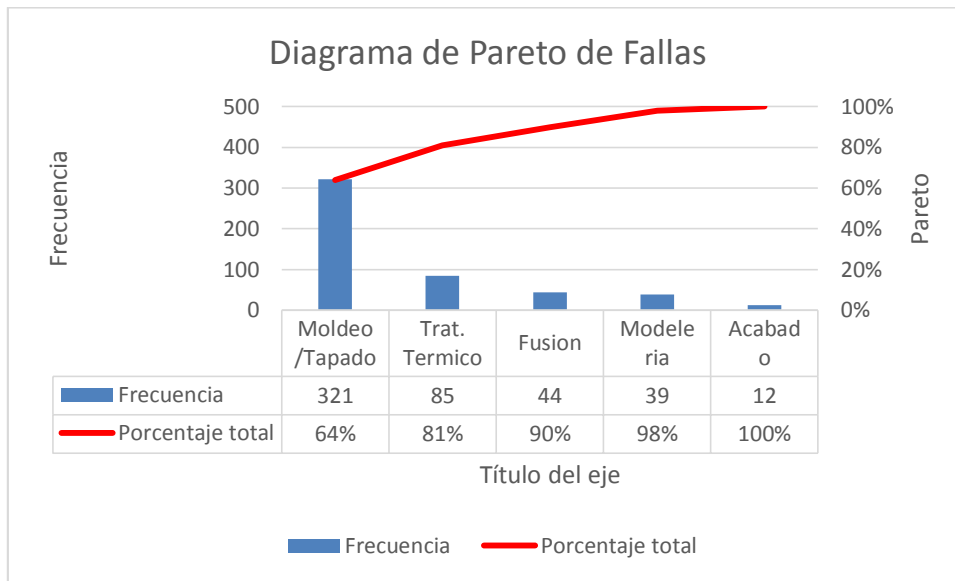


Figura 19. Diagrama de Pareto de fallas o productos descartados.

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar en el diagrama de Pareto, podemos observar que el 64% de las fallas se presentan en el Área de Moldeo/Tapado. Por tanto, todos los esfuerzos de la empresa se van a orientar a la búsqueda de las soluciones a las causas que originan estas fallas en esta área.

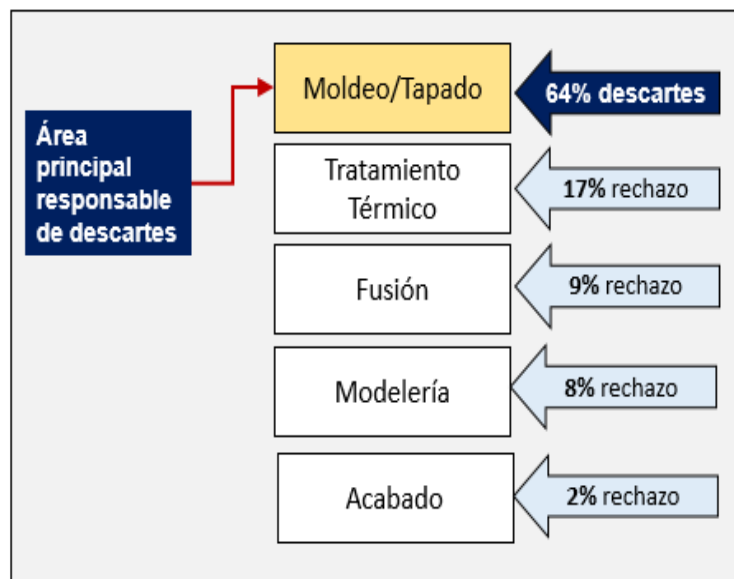


Figura 20. Área donde se originan el 64% de los descartes

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

3.1.5. Voz del cliente

En esta fase, se procede a definir al cliente, en este caso se trata de un cliente interno que viene a ser el proceso de Acabados, el mismo que le sucede al proceso de Moldeo/Tapado tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

A continuación, se presenta el diagrama SIPOC del proceso Moldeo/Tapado.

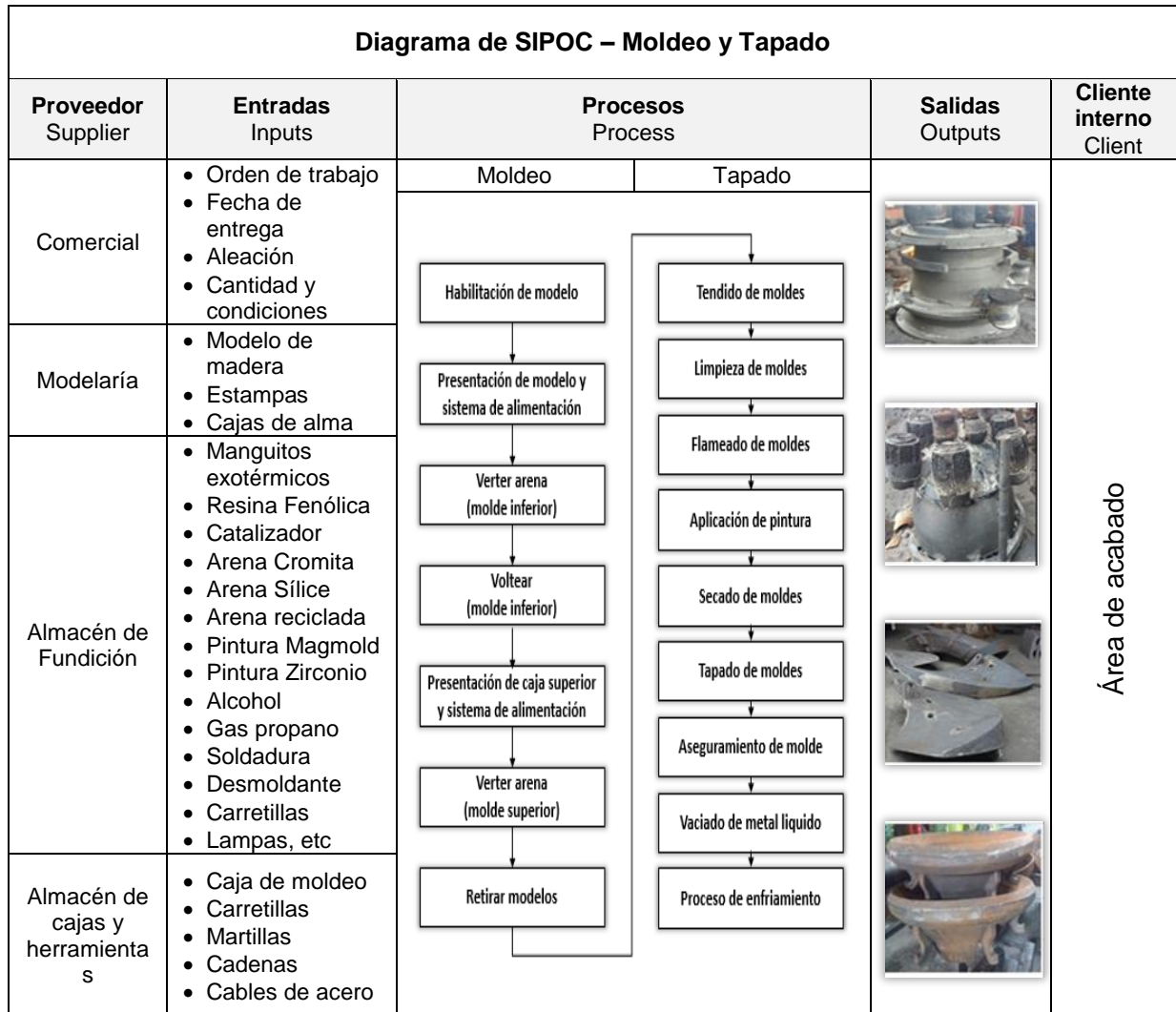


Figura 21. Diagrama SIPOC del proceso Moldeo/Tapado

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

La voz del cliente interno se define a través de las características que el cliente espera tener en el producto para estar satisfecho. En nuestro caso, el cliente interno es el área de acabados.

El responsable del área de acabados exige que las piezas entregadas por el área de Moldeo/Tapado sean entregados libres de: porosidad, atrapamiento de gases, rechupes, inclusiones de arena, y desplazamiento.

3.1.6. Factores Críticos para la Calidad

Los factores críticos para la calidad desde la perspectiva del cliente interno (Área de Acabado) son aquellas que le generan insatisfacción. En este caso son aquellas características en las piezas que ocasionan su descarte, es decir, la porosidad, el atrapamiento de gases, los rechupes, las inclusiones de arena y el desplazamiento.

El Área de Acabados ha estado descartando un promedio de 5.25% del total de toneladas producidas en piezas entre los meses de enero 2017 a octubre 2017 debido a que el Área de Moldeo/Tapado ha estado entregando piezas con porosidad, atrapamiento de gases, rechupes, inclusiones de arena y desplazamiento.

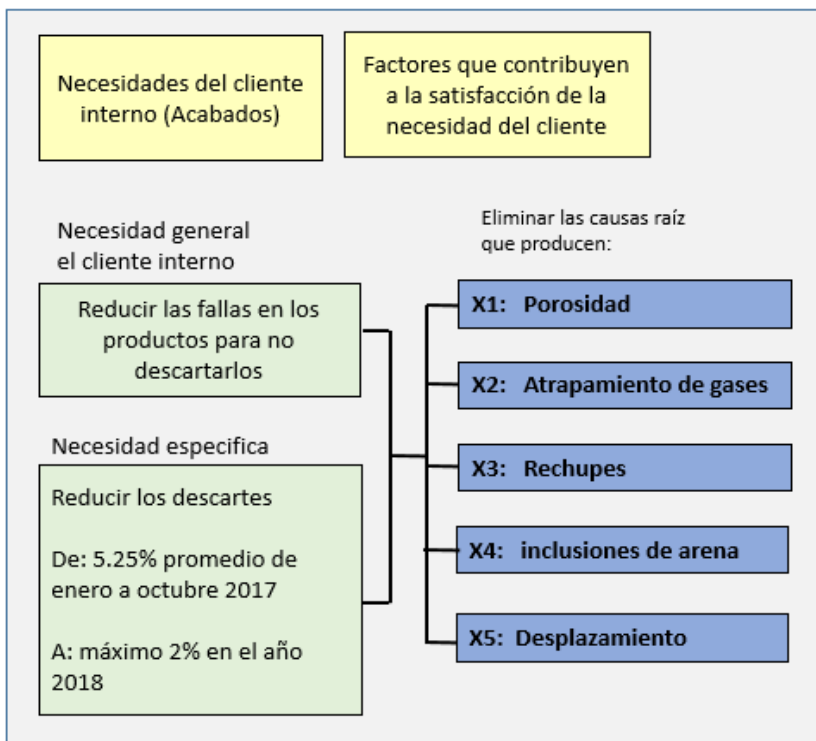


Figura 22. Factores críticos de calidad para el cliente interno Acabados

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

3.1.7. Meta

Se ha coordinado entre las áreas involucradas con la producción de las piezas para definir una meta de reducción de descartes. Se proyecta una meta la generación de descartes como máximo del 2% de las toneladas de piezas producidas al mes que deben concretarse a partir del mes siguiente a la implantación de la mejora.

Se toma en cuenta que el valor mínimo ideal de descarte es 0%, el valor máximo esperado es del 2% de descartes, esta meta es unilateral porque no existe la posibilidad de tener descartes en porcentajes negativos.

3.2. Etapa Medir

3.2.1. Variables críticas del proceso

A continuación, se miden las variables críticas del proceso, que han sido seleccionadas dentro del proceso de Moldeo/Tapado. Para ellos se vuelve a desarrollar un análisis de priorización con el fin de concentrar los esfuerzos en las variables más críticas.

Tabla 6

Frecuencia de fallas en el proceso Moldeo/Tapado

Área	Fallas	Tot Frec	%	% Frec Acum	80-20
Moldeo / Tapado	Porosidad	117	36%	36%	80%
	Rechupes	74	23%	60%	80%
	Atrapamiento de gases	68	21%	81%	80%
	Inclusiones de arena	44	14%	94%	80%
	Desplazamiento de molde	18	6%	100%	80%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla, la variable Porosidad significa el 36% del total de las fallas del proceso de Moldeo/Tapado, Rechupes el 23%, Atrapamiento de gases 21%, Inclusiones de Arena un 14% y finalmente Desplazamiento de Molde solo un 6%.

Con los datos obtenidos previamente se elabora el siguiente Diagrama de Pareto para establecer las variables más críticas, responsables principales de los descartes.

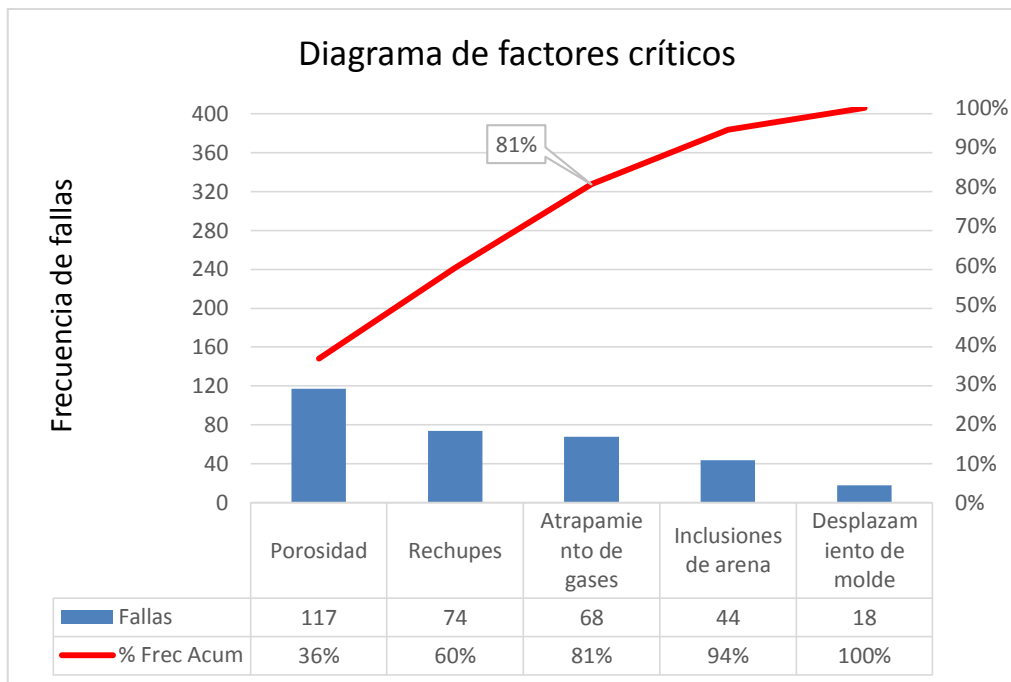


Figura 23. Diagrama de Pareto de factores críticos en el proceso Moldeo/Tapado

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Como se puede observar en el diagrama, las variables más críticas son la Porosidad, los Rechupes y el Atrapamiento de Gases que en conjunto suman el 81% de las causas que generan descartes en el Área de Moldeo/Tapado. Por tanto, estas son las variables que serán analizadas con mayor profundidad con la finalidad de encontrar las soluciones que conduzcan a la reducción de los descartes en la producción de piezas.

3.2.2. Medición de descartes en el año 2017

Para la medición de descartes se toman los datos de los descartes, en toneladas, que han sido generadas entre los meses de enero 2017 a octubre 2017. Para ello se tiene la medición del total de peso bruto fundido cada mes en toneladas, asimismo el peso de las piezas rechazadas. A partir de estos datos se calcula la eficiencia de la fundición y el porcentaje de descartes. La empresa COMESA establece como meta, no tener más del 2% de descartes con respecto al peso bruto fundido en cada mes.

Tabla 7

Porcentaje de descartes de las toneladas producidas enero-octubre 2017

Mes	Peso Bruto Fundido (TM)	Peso Piezas Rechazadas (TM)	Eficiencia de fundición	Descarte %	Limite Unilateral Superior
Enero	268.58	6.73	97.49%	2.51%	2%
Febrero	259.3	4.66	98.20%	1.80%	2%
Marzo	271.7	4.13	98.48%	1.52%	2%
Abril	261.42	8.69	96.68%	3.32%	2%
Mayo	351.88	21.83	93.80%	6.20%	2%
Junio	359.04	51.58	85.63%	14.37%	2%
Julio	333.49	17.25	94.83%	5.17%	2%
Agosto	278.55	11.61	95.83%	4.17%	2%
Septiembre	305.3	29.63	90.30%	9.70%	2%
Octubre	172.06	6.49	96.23%	3.77%	2%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

El promedio de descartes en porcentaje con respecto al peso bruto de piezas fundidas es del 5.25 % entre los meses de enero 2017 y octubre del 2017. El límite superior unilateral establecido por la empresa COMESA es el 2%. Es decir que la empresa pretende no tener descartes superiores al 2% cada mes.

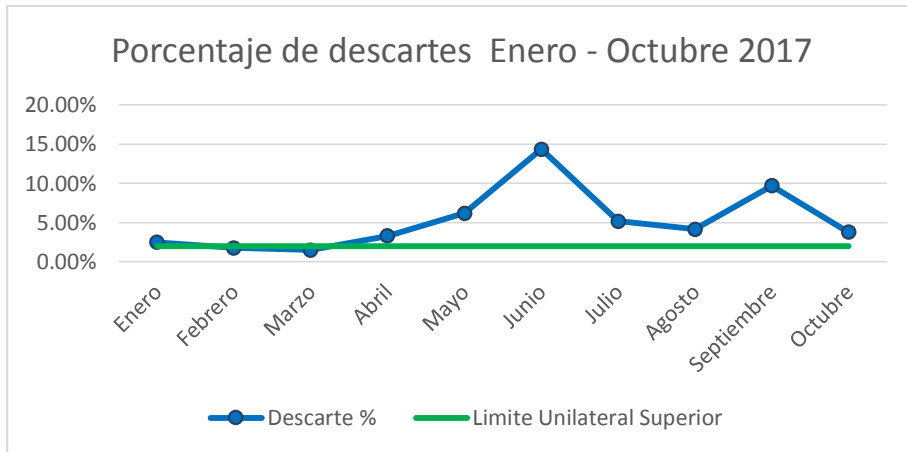


Figura 24. Porcentajes de descartes de la producción en toneladas enero – octubre 2017

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Los únicos meses que se tuvo descartes inferiores al 2% han sido febrero y marzo del 2017.

Los 8 meses restantes que se han controlado, han superado el límite.

3.2.3. Capacidad del proceso enero – octubre 2017

Para el análisis de la capacidad del proceso con respecto a no generar mermas por encima del 2% del total de toneladas producidas, se procede a determinar si los 10 datos obtenidos de la medición hecha entre enero 2017 y octubre 2017 tienen un comportamiento paramétrico. Para ello, se hará la prueba de normalidad en el programa Minitab con la Prueba Anderson-Darling (AD).

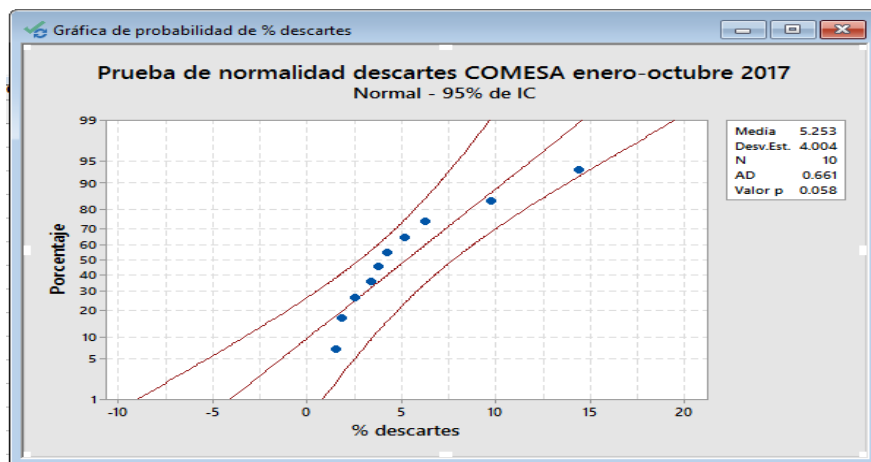


Figura 25. Prueba de normalidad de los datos de porcentajes de descartes enero – octubre 2017

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia (Software Minitab)

En el cuadro se puede apreciar que el valor de probabilidad (valor p) es igual a 0.058, lo que permite concluir que los datos tienen una distribución normal.

A continuación, se hace la medición de la capacidad del proceso utilizando el programa Minitab, obteniendo la Gráfica I, el Histograma de Capacidad y la Gráfica de Capacidad.

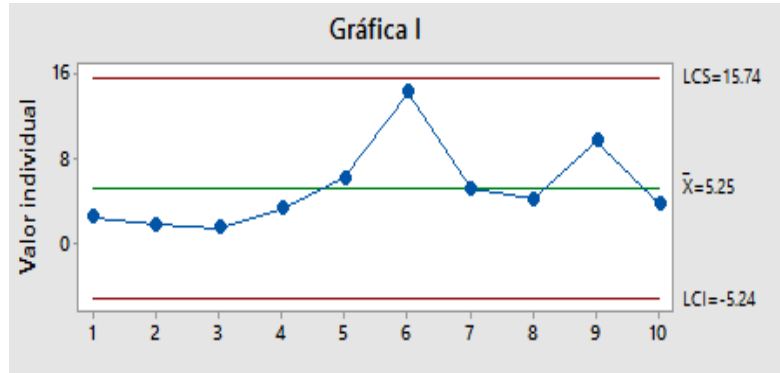


Figura 26. Promedio de descarte enero – octubre 2017

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia (Software Minitab)

En la gráfica de capacidad natural podemos observar que la media de los datos es de 5.25% de descartes.

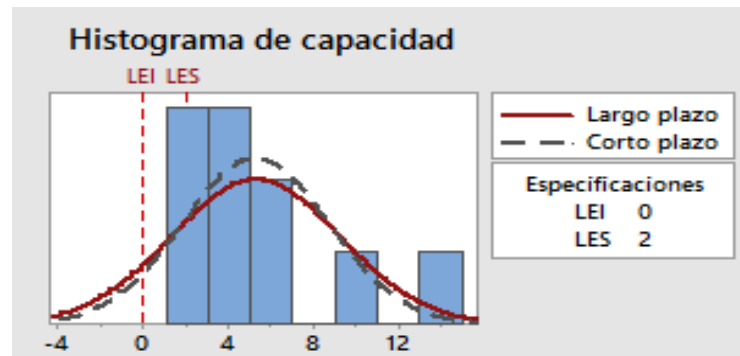


Figura 27. Histograma de capacidad

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia (Software Minitab)

En la gráfica observamos la distribución de los datos con respecto a los rangos o límites esperados del proceso. El límite inferior es 0, porque nunca va a existir un nivel de merma menor a cero. Teóricamente, si el nivel de merma en un periodo determinado es cero, el porcentaje de merma también será cero.

En cuanto al límite superior, este se establece como objetivo de COMESA para este primer proyecto de mejora. Observamos que la mayoría de los datos caen por encima del límite superior.

Corto plazo		Largo plazo	
Desv.Est.	3.497	Desv.Est.	4.004
Cp	0.10	Pp	0.08
Cpk	-0.31	Ppk	-0.27
PPM	890404.84	Cpm	*
		PPM	886500.13

Figura 28. Grafica de la capacidad del proceso antes de la mejora

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia (Software Minitab)

Se puede observar en el grafico que la capacidad del proceso C_p es menor que 1 lo cual implica que la capacidad del proceso de producción es muy baja para producir piezas que generen un nivel de descartes menor o igual al 2%. El valor negativo del C_{pk} indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones según se ve también en el histograma de capacidad. En general se concluye que el proceso de producción no es capaz de producir las piezas que generen descartes bajo los límites especificados. En cuanto a los errores se tiene que su nivel es de generar 890404.84 errores por cada millón de oportunidades en su intento de no superar el 2% de descartes. Por tanto, se debe proceder con un análisis más profundo para mejorar la capacidad del proceso con la finalidad de conseguir el objetivo planteado.

3.3. Etapa Analizar

3.3.1. Análisis de las variables críticas

Tal como se concluyó en la etapa medir, las variables que serán analizadas, para encontrar sus causas raíz serán, la porosidad, los rechupes y el atrapamiento de gases.

Tabla 8
Variables críticas del proceso Moldeo/Tapado

Factor	Defectos
X1	Porosidad
X2	Rechupes
X3	Atrapamiento de gases

Fuente: COMESA
Autor: Elaboración propia

Estos tres factores son detectados por el personal responsable del proceso de Acabados. Sin embargo, el origen del problema se da en algunas de las actividades del proceso de Moldeo/Tapado. El origen de la porosidad se origina en las etapas “Verter Arena-Molde Inferior, Verter Arena-Molde Superior, y Flameado de Molde”. El origen del rechupe se da en la actividad “Presentación de Modelo y Sistema de Alimentación”. Finalmente, el atrapamiento de gases se origina en las actividades “Verter Arena-Molde Inferior, Verter Arena-Molde Superior, y Flameado de Molde”. Se puede observar de manera visual lo descrito en la siguiente figura.

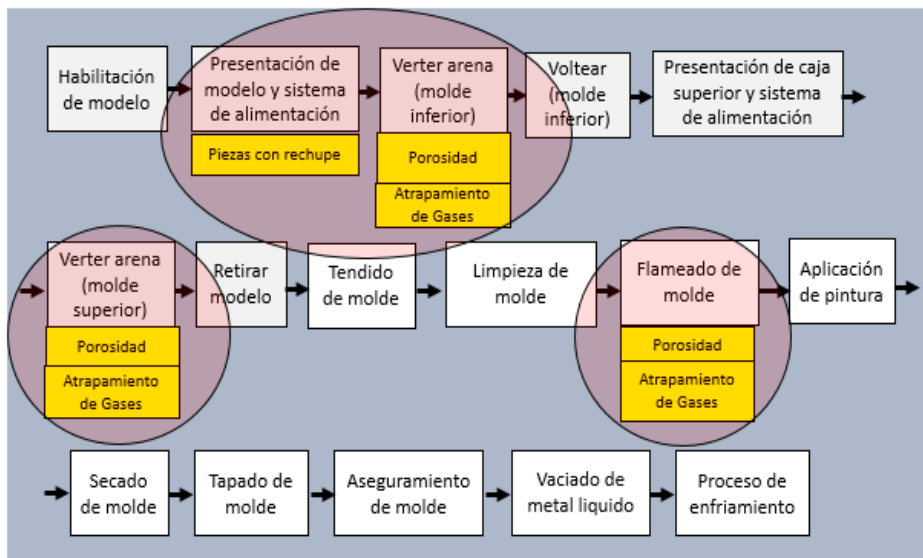


Figura 29. Procesos donde se genera porosidad, rechupe y atrapamiento de gases

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

A continuación, se hace un análisis utilizando el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 porqués para encontrar las causas raíz de tener un 5.25% de descartes, hasta esta instancia ya se determinó que tres variables son las principales responsables, pero ahora se determinará cuáles son las causas y en qué momento se originan: la porosidad, los rechupes, y los atrapamientos de gases.

Porosidad

La primera causa raíz de este factor está en la actividad del flameado y se trata de un mal control de la temperatura al momento en que el operador está ejecutando el secado de molde.

La segunda causa raíz se da en las actividades de verter arena - molde inferior y verter arena molde superior, y se trata de una mala colocación de los canales de desfogue y un alto nivel de catalizador en la mezcla de arena.

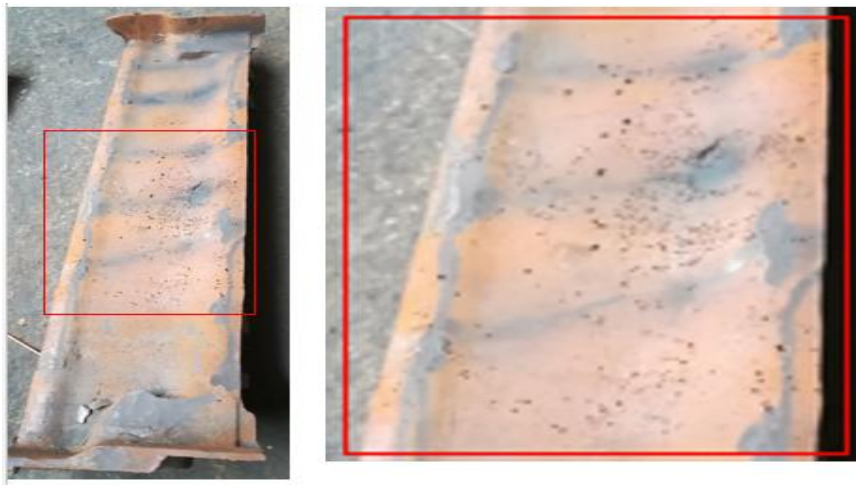


Figura 30. Imagen de porosidad (X1)

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Rechupe

La primera causa raíz del rechupe sucede en la actividad presentación de modelo y sistema de alimentación, se trata de un error en la tarjeta de colada que a su vez origina el uso de un maguito mal dimensionado. La segunda causa raíz es el mal posicionamiento del manguito.



Figura 31. Imagen de rechupe (X2)

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Atrapamiento de gases

Al igual que en el caso de la porosidad, la causa raíz de este factor está en la actividad del flameado, por un mal control de la temperatura al momento en que el operador está ejecutando el secado de molde y en las actividades de verter arena - molde inferior y verter arena –molde superior, por una mala colocación de los canales de desfogue y un alto nivel de catalizador en la mezcla de arena.

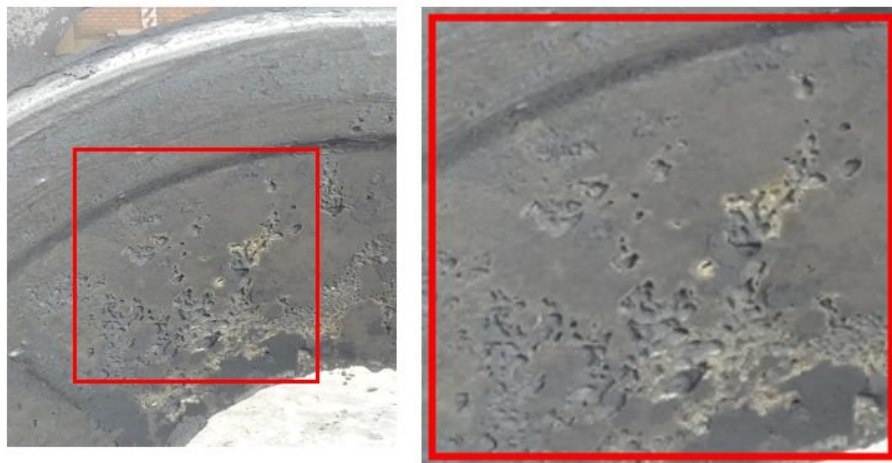


Figura 32. Imagen de atrapamiento de gases (X3)

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

A continuación, se desarrolla un diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz del exceso de descartes, que en este caso es de 5.25% del total de toneladas producidas, para lo

cual ya se determinó que la porosidad, el rechupe y los atrapamientos de gases son los principales responsables. A partir de este análisis ahora corresponde conocer las causas raíz de estas variables cuestionando la razón de su procedencia tantas veces sea necesario.

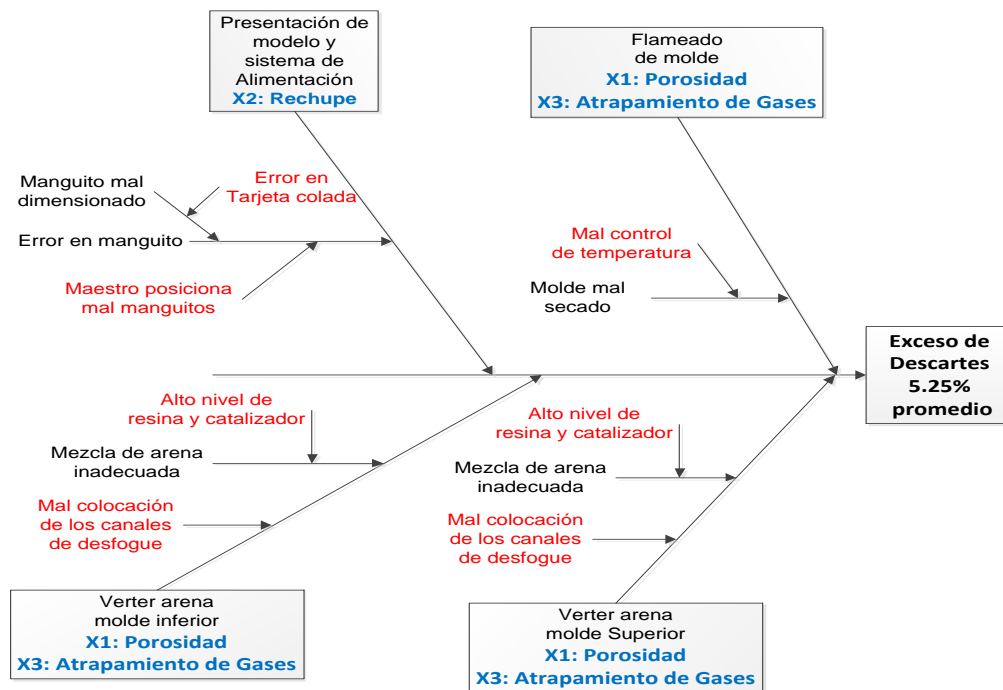


Figura 33. Diagrama de Ishikawa de exceso de descartes

Fuente: Consorcio Metalúrgico S.A.

Autor: Elaboración Propia

Del diagrama de Ishikawa podemos ver que la porosidad y el atrapamiento de gases se generan en la actividad de flameado de molde y la causa raíz es el mal control de temperatura en el momento del secado de molde. También se genera porosidad y atrapamiento de gases en las actividades verter arena en molde inferior y verter arena en molde superior, en ambos casos las causas raíz son el alto nivel de resina y catalizador en la mezcla de arena y la mala colocación de los canales de desfogue. El rechupe se genera en la actividad presentación de modelo y sistema de alimentación, donde las causas raíz son el mal posicionamiento de los manguitos y el error en la tarjeta de colada. A partir del análisis desarrollado en esta etapa, corresponde a continuación desarrollar las propuestas de las soluciones a aplicar por cada causa raíz.

3.3.2. Propuestas de soluciones

A continuación, se presenta los cuadros donde se analizan los factores: X1. Porosidad, X2: Rechupes, X3: Atrapamiento de gases, y sus respectivas soluciones.

Tabla 9

Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad verter arena en molde inferior.

Factores: X1: Porosidad X3: Atrapamiento de Gases				
Actividad: Verter arena molde inferior		Área: Moldeo		
Responsable: Trabajador: (a)maestro y (b)ayudante de moldeo				
Pasos	como	Detalle	Causa Raíz	Propuesta de solución
P1	Solicitar mezcla de arena según volumen (a)	El tipo de arena depende de el volumen de la pieza Arena: Resina:2.5-3.5% en relación al total de arena Catalizador:23-25% en relación al total de resina	Falla en la mezcla de arena. Se presenta por un alto nivel de resina y de catalizador	Cambio en el diseño del proceso de mezcla de la arena
P2	Trasladar la mezcla hacia la caja del molde	En carretilla	N/A	N/A
P3	Verter y compactar la arena dentro de la caja Varias veces hasta que esté lleno y al rás.	Compactado correcto: depende de la habilidad del trabajador	N/A	N/A
P4	Nivelar al ras de la caja con una regla	N/A	N/A	N/A
P5	Colocar canales de desfogue de gases en el molde (a)	La colocación se da en función del tipo de molde	Mal colocación de los canales de desfogue	El supervisor de moldeo debe dar un Visto Bueno a la correcta colocación de los canales de desfogue en una hoja de control

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 10

Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad verter arena en molde superior.

Factores: X1: Porosidad X3: Atrapamiento de Gases				
Actividad: Verter arena molde superior Área: Moldeo				
Responsable: Trabajador: (a)maestro y (b)ayudante de moldeo				
Pasos	como	Detalle	Causa raíz	Propuesta de solución
P1	Solicitar mezcla de arena según volumen (a)	El tipo de arena depende de el volumen de la pieza Arena: Resina:2.5-3.5% en relación al total de arena Catalizador:23-25% en relación al total de resina	Falla en la mezcla de arena. Se presenta por un alto de resina y de catalizador	Cambio en el diseño del proceso de mezcla de la arena
P2	Trasladar la mezcla hacia la caja del molde	En carretilla	N/A	N/A
P3	Verter y compactar la arena dentro de la caja Varias veces hasta que esté lleno y al rás.	Compactado correcto: depende de la habilidad del trabajador	N/A	N/A
P4	Nivelar al ras de la caja con una regla	N/A	N/A	N/A
P5	Colocar canales de desfogue de gases en el molde	La colocación se da en función del tipo de molde	Mal colocación de los canales de desfogue	El supervisor de moldeo debe dar un Visto Bueno a la correcta colocación de los canales de desfogue en una hoja de control

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 11

Propuesta de soluciones para los factores porosidad y atrapamiento de gases en actividad flameado de molde.

Factores: X1: Porosidad X3: Atrapamiento de Gases				
Actividad: Flameado de molde		Área: Tapado		
Responsable: Trabajador: operador de tapado				
Pasos	como	Detalle	Causa raíz	Propuesta de solución
P1	Verificar que molde esté limpio	No debe tener arena suelta o terrones	N/A	N/A
P2	Secar el molde con lanzallamas. El secado se hace hasta alcanzar los 150°C.	Medir con un pirómetro. Hay una tolerancia de más o menos 20°C	Molde mal secado, por no controlar la temperatura	Seguimiento del secado correcto por muestreo con formato por parte del supervisor colocar acción correctiva
P3	Esperar que la temperatura del molde baje hasta 70°C	Se acepta una tolerancia de más o menos 20°C	N/A	N/A

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 12

Propuesta de soluciones para el factor rechupe en actividad presentación de modelo y sistema de alimentación.

Factor: X2: Rechupe				
Actividad: Presentación de modelo y sistema de alimentación Área: Tapado				
Responsables: (a)maestro moldeador y (b)ayudante de moldeo				
Pasos	como	Detalle	Causa raíz	Propuesta de solución
P1	Posicionar el modelo (molde inferior)	colocar el modelo en forma equidistante a los lados (en el centro)	N/A	N/A
P2	Colocar ataques y trampa (molde inferior)	según tarjeta de colada -	N/A	N/A
P3	Colocar manguito exotérmico, canales y bebedero en el molde superior	según tarjeta de colada	Tarjeta de colada con errores de cálculo: mal dimensionamiento de manguito	El Gestor de Fundición debe dar el Visto Bueno a la tarjeta de colada
			El maestro hace un mal posicionamiento de manguitos	El supervisor de moldeo debe dar un Visto Bueno al posicionamiento de los manguitos en una hoja de control

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.4. Etapa Mejorar

3.4.1. Implementación de las soluciones

A continuación, se presenta los cuadros con las soluciones estructuradas con la técnica de los 5w + 2 h

Tabla 13

Solución 1: Colocación correcta de canales de desfogue

Solución 1	Supervisor debe verificar la correcta colocación de los canales de desfogue
Variables	X1: Porosidad, X3: Atrapamiento de Gases
Actividades	Verter arena en molde superior, Verter arena en molde inferior
Área	Moldeo
Que	Se implementó la medida consistente en que el Supervisor , mediante una hoja de control, verifique la correcta colocación de los canales de desfogue
Cuando	Del 6 al 8 de noviembre del 2017
Donde	En la sala de reuniones de fundición
Quien	Responsable: Calidad Gestor de fundición, Supervisor de Moldeo, Representante de Calidad
Porque	Para asegurar que los canales de desfogue estén correctamente colocados, porque un error de colocación genera posteriormente porosidad y atrapamiento de gases en la pieza, lo cual obliga a descartar la pieza.
Como	Se coordinó con los involucrados con la actividad de Verter Arena en Molde Superior, Verter Arena en Molde Inferior, para que el Supervisor, mediante una hoja de control, verifique de manera obligatoria que los canales de desfogue estén correctamente colocados.
Cuanto	Recursos utilizados en esta implementación <ul style="list-style-type: none"> • 3 reuniones de dos horas con el personal involucrado (Gestor de fundición, Supervisor de Moldeo, Representante de Calidad) • Diseño de una hoja de control de la correcta colocación de los canales de desfogue
Costo	6 horas del Gestor de fundición..... S/ 150.00 6 horas del Supervisor de moldeo.....S/ 78.00 6 horas del Representante de Calidad.....S/ 126.00 Total costo: S/ 354.00

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 14

Solución 2: Visto bueno en tarjeta de colada

Solución 2	Gestor de Fundición debe dar el Visto Bueno a la tarjeta de colada
Variables	X2: Rechupe
Actividades	Presentación de modelo y sistema de alimentación
Área	Moldeo
Que	Se implementó la medida consistente en que el Gestor de Fundición dé el visto bueno a la tarjeta de colada
Cuando	Del 6 al 8 de noviembre del 2017
Donde	En la sala de reuniones de fundición
Quien	Responsable: Calidad Gestor de fundición, Supervisor de Moldeo, Representante de Calidad
Porque	Para garantizar que los cálculos de los diseños de coladas y pesos del molde sean correctos, porque un error en este cálculo genera posteriormente rechupes en la pieza , lo cual obliga a descartar la pieza.
Como	Se coordinó con los involucrados para que el diseño de colada sea aprobado por el Gestor de fundición mediante un Visto Bueno. La revisión será respecto a módulos de la pieza, módulos de la mazarota y la relación de entradas, canales y bebedero.
Cuanto	Recursos utilizados en esta implementación 3 reuniones de dos horas con el personal involucrado (Gestor de fundición, Supervisor de Moldeo, Representante de Calidad)
Costo	6 horas del Gestor de fundición 6 horas del Supervisor de moldeo 6 horas del Representante de Calidad Total costo: El mismo costo

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 15

Solución 3: Verificar que temperatura de molde no exceda valores permitidos.

Solución 3	Supervisor de moldeo debe verificar que la temperatura del molde no exceda los valores permitidos
Variabes	X1: Porosidad, X2: Atrapamiento de Gases
Actividades	Flameado de molde
Área	Tapado
Que	Se implementó la medida consistente en que el Supervisor , mediante una hoja de control, verifique que la temperatura del molde no exceda los valores permitidos en la actividad de secado de molde
Cuando	Los días 9, 10, 13 de noviembre 2017
Donde	En la sala de reuniones de fundición
Quien	Responsable: Calidad Gestor de fundición, Supervisor de Tapado, Representante de Calidad
Porque	Para garantizar la liberación de la humedad, alcohol, etc., porque las no liberaciones de estos elementos generan posteriormente porosidad y atrapamiento de gases en las piezas obligando a su descarte.
Como	Se coordinó con los involucrados para que el supervisor mida la temperatura del flameado y secado del molde con el pirómetro portátil.
Cuanto	Recursos utilizados en esta implementación 3 reuniones de dos horas con el personal involucrado (Gestor de fundición, Supervisor de Moldeo, Representante de Calidad) Un pirómetro digital
Costo	6 horas del Gestor de fundición..... S/ 150.00 6 horas del Supervisor de moldeo.....S/ 78.00 6 horas del Representante de Calidad.....S/ 126.00 Costo del pirómetro portátil digital..... S/. 12,500 Total costo: S/ 12,854.00

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Tabla 16

Solución 4: Cambio del sistema de bombeo de resina y catalizador en proceso de mezcla de arena

Solución 4	Cambiar el sistema de bombeo de resina y catalizador para proceso de mezcla de arena
Variables	X1: Porosidad, X3: Atrapamiento de Gases
Actividades	Verter arena en molde superior, Verter arena en molde inferior
Área	Moldeo
Que	Se implementó el cambio del sistema de bombeo de resina y catalizador para proceso de mezcla de arena
Cuando	Los días 14,15,16,17, 20,21 de Noviembre
Donde	En la sala de reuniones de fundición En el área de mantenimiento
Quien	Responsables: Seguimiento: Calidad Ejecución: Mantenimiento Gestor de fundición, Supervisor de Tapado, Representante de Calidad, Jefe de Mantenimiento
Porque	Para asegurar que los porcentajes requeridos de resina y catalizador sean los adecuados en la mezcla, de no ser adecuada la mezcla generará posteriormente porosidad y atrapamiento de gases en la pieza, obligando a su descarte.
Como	Día 1 Reunión para toma de decisiones Día 2 Propuesta técnica de cambio de sistema de bombeo de resina y catalizador Días 3 al 7 Ejecución del cambio de sistema de bombeo (5 días)
Cuanto	Mediciones de dos a tres veces diarias o antes de la fabricación de moldes mayores de 5 toneladas.
Costo	4 horas del Gestor de fundición..... S/ 150.00 4 horas del Supervisor de moldeo.....S/ 78.00 4 horas del Representante de Calidad.....S/ 126.00 4 horas del Jefe de Mantenimiento.....S/ 84.00 Mantenimiento Costo de dos bombas 1 hp y accesorios.....S/ 1,000 Horas hombre Jefe (2hrs diarias) S/ 210.00 Horas hombre 4 operarios (160 horas) S/ 2,320.00 Insumos varios.....S/ 200.00 Costo total.....S/ 4168.00

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

La alimentación de resina y catalizador en el proceso de mezcla con arena era con el método de caída por gravedad antes de la implementación de la solución 4. A continuación se presenta sus ilustraciones.



Figura 34. Imágenes de caída por gravedad de resina y catalizador sobre arena

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

La solución 4 consiste en la implementación de un sistema de bombeo de resina y catalizador para el proceso de mezcla de arena. El sistema actual se ilustra a continuación.



Figura 35. Sistema de bombeo de resina y catalizador sobre arena implementada

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

A continuación, se presenta el resumen de los costos en los que se ha incurrido por la implementación de las mejoras desarrolladas en la empresa COMESA.

Tabla 17

Costo de la implementación de las soluciones

Ítem	Costo S/.
Solución 1 y 2	354.00
Solución 3	12854.00
Solución 4	4168.00
Total S/.	17,376.00

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

El costo total de la implementación de las soluciones asciende a S/ 17,376.00. Este monto será utilizado para hacer la respectiva evaluación económica del proyecto de mejora implementado.

3.4.2. Diagrama de Gantt de las soluciones implementadas

A continuación, se presenta mediante un diagrama de Gantt la secuencia de las soluciones implementadas en el mes de noviembre del 2017.

Mes	Noviembre 2017															
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M
Actividad	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1 Coordinar e implementar la solución 1																
2 Coordinar e implementar la solución 2																
3 Coordinar e implementar la solución 3																
4 Coordinar e implementar la solución 4																

Figura 36. Diagrama de Gantt de la implantación de las soluciones

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.4.3. Diagrama de flujo con las soluciones implementadas

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso moldeo tapado, indicando las mejoras realizadas para evitar la porosidad, el rechupe y el atrapamiento de gases en la producción de piezas.

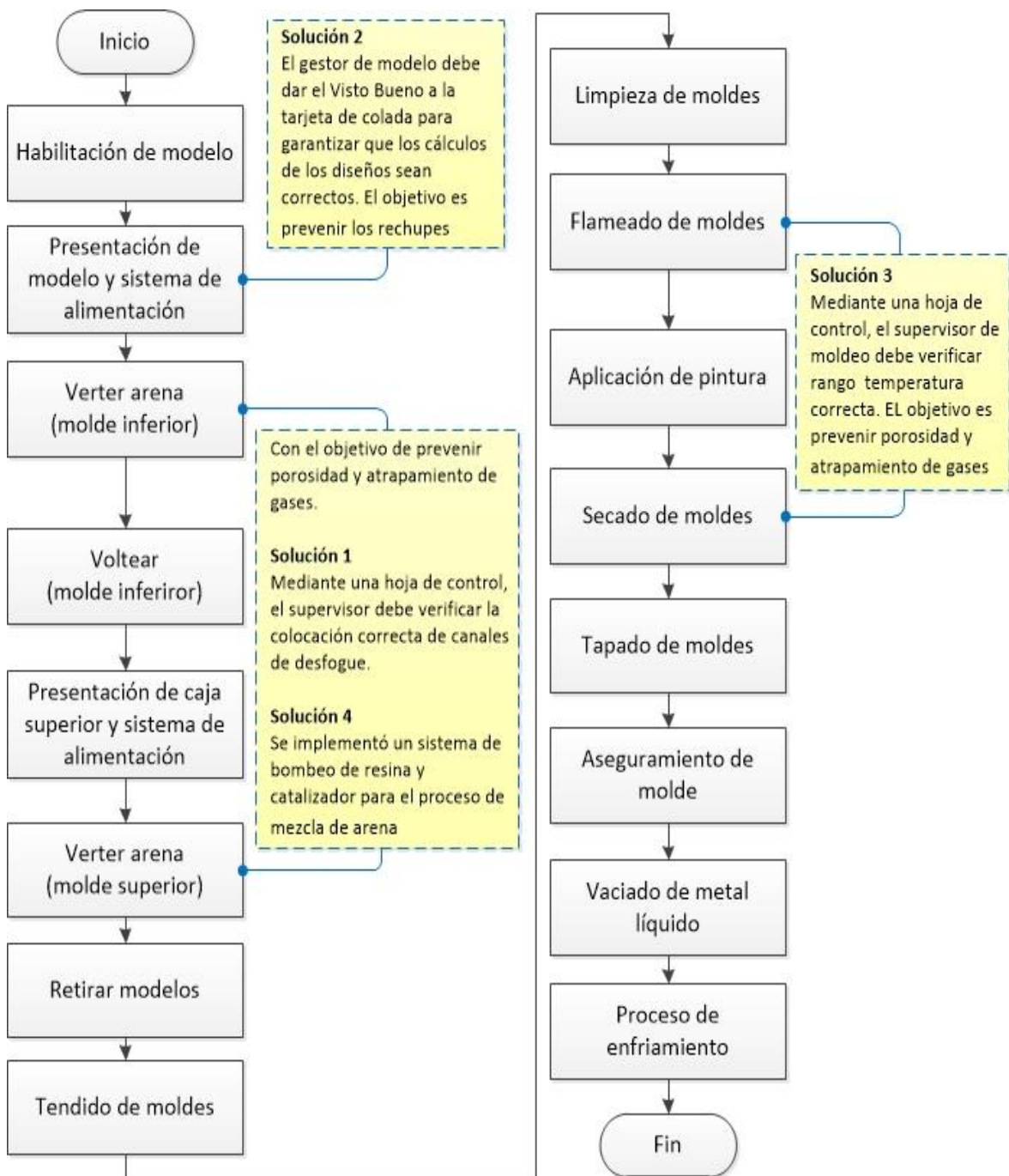


Figura 37 Diagrama de flujo del proceso moldeo/tapado y las mejoras implementadas

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.5. Etapa Controlar

3.5.1. Medición de los descartes post implementación de la mejora

En esta etapa se mide nuevamente los resultados de los descartes generados a partir del mes de noviembre 2017 hasta el mes más reciente, es decir, agosto 2018. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18

Porcentaje de descartes de las toneladas producidas noviembre-agosto 2018

Mes	Peso Bruto Fundido (TM)	Peso Piezas Rechazadas (TM)	Eficiencia de fundición	Descarte %	Limite Unilateral Superior
Noviembre 2017	368.09	5.84	98.41%	1.59%	2%
Diciembre 2017	365.07	10.53	97.12%	2.88%	2%
Enero 2018	476.22	8.35	98.25%	1.75%	2%
Febrero 2018	460.22	5.21	98.87%	1.13%	2%
Marzo 2018	332.99	6.28	98.12%	1.88%	2%
Abril 2018	441.45	5.43	98.77%	1.23%	2%
Mayo 2018	401.08	6.84	98.29%	1.71%	2%
Junio 2018	313.60	2.31	99.26%	0.74%	2%
Julio 2018	345.06	5.10	98.52%	1.48%	2%
Agosto 2018	408.46	6.1	98.51%	1.49%	2%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Todos los meses el porcentaje de descarte ha sido inferior al 2%, con excepción del mes de diciembre 2017, en el que se alcanzó el 2.88%. El promedio de descarte generados en esta nueva etapa es de 1.59%. Teniendo en cuenta que la meta era que no supere el 2%, se puede concluir que el objetivo se ha cumplido.

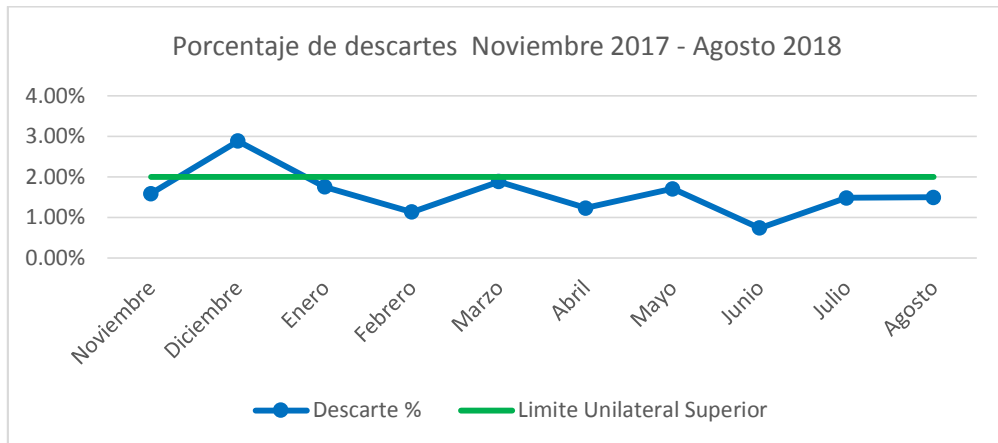


Figura 38. Porcentaje de descartes noviembre 2017 – agosto 2018

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.5.2. Capacidad del proceso post implementación de la mejora.

Antes de medir la capacidad del proceso post implementación se procede a determinar si los datos obtenidos entre los meses de noviembre 2017 y agosto 2018 tienen un comportamiento paramétrico. Para ello, se hará la prueba de normalidad en el programa Minitab con la Prueba Anderson-Darling (AD).

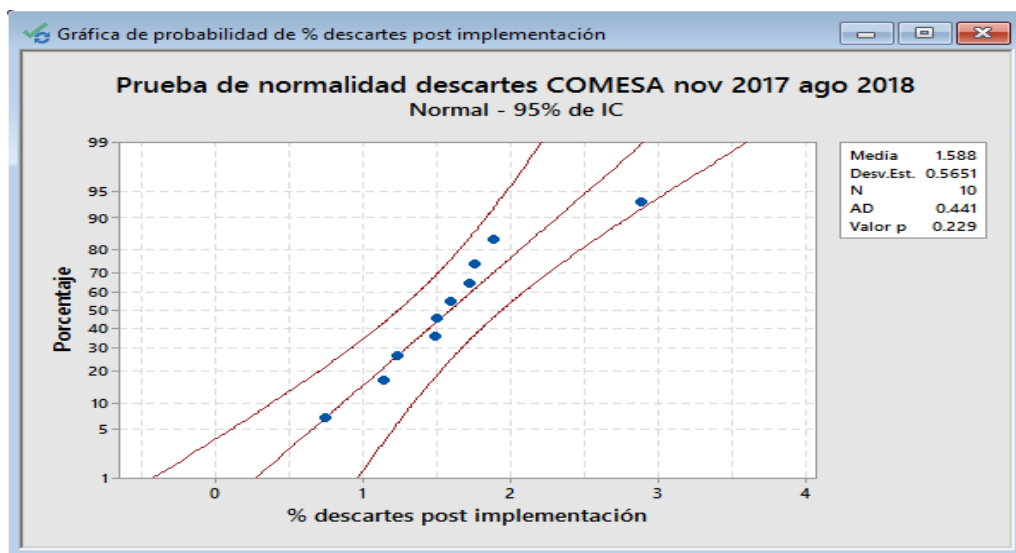


Figura 39. Prueba de normalidad de los datos de porcentaje de descartes noviembre 2017- agosto 2018

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

En el cuadro se puede apreciar que el valor de probabilidad (valor p) es igual a 0.229, lo que permite concluir que los datos tienen una distribución normal.

A continuación, se hace la medición de la capacidad del proceso utilizando el programa Minitab, obteniendo la Gráfica I, el Histograma de Capacidad y la Gráfica de Capacidad.

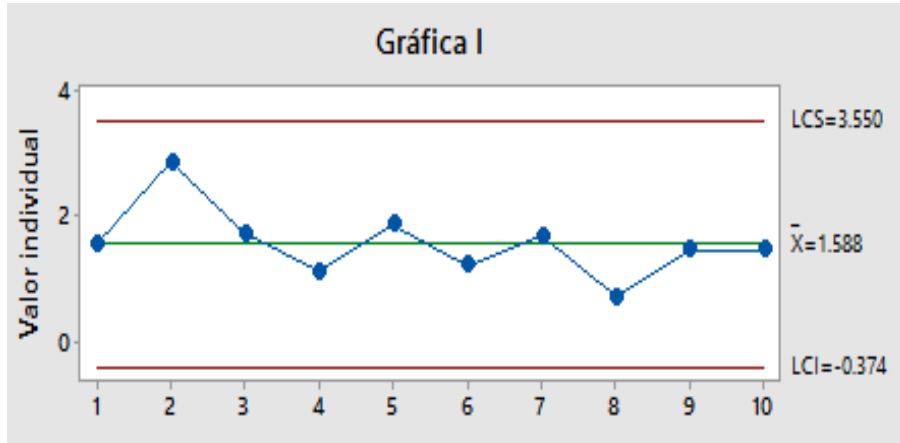


Figura 40. Promedio de descartes noviembre 2017 – agosto 2018

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

En la gráfica de capacidad natural podemos observar que la media de los datos es de 1.59% de descartes.

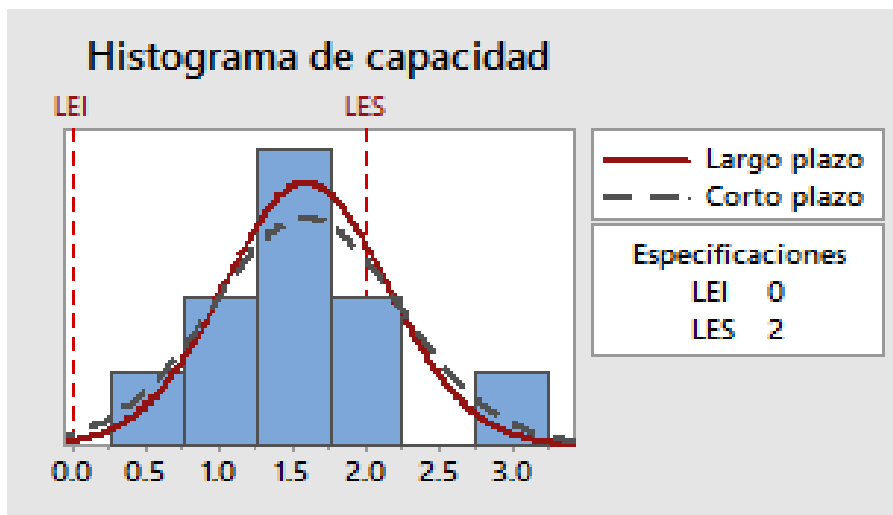


Figura 41. Histograma de capacidad noviembre 2017 – agosto 2018

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Se puede observar en el gráfico que la mayoría de los datos están dentro del rango establecido (0-2), solo hay un dato que cayó por encima del límite superior.

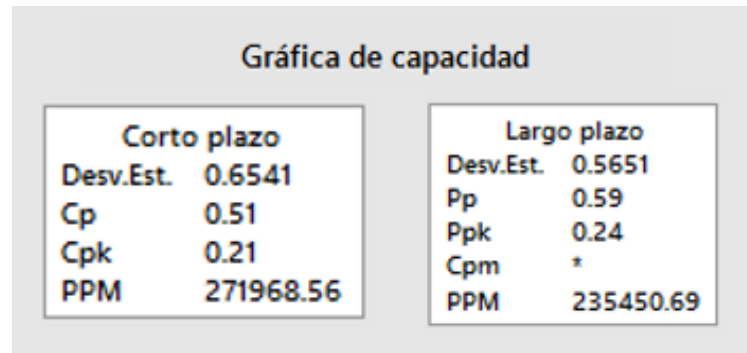


Figura 42. Gráfica de capacidad del proceso post mejora noviembre 2017 – agosto 2018

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Se puede observar en el gráfico que la capacidad del proceso Cp es todavía es menor que 0.67 lo cual implica que la capacidad del proceso de producción sigue siendo baja, sin embargo se ha mejorado con respecto al valor inicial de 0.10. Igualmente el valor del Cpk también ha mejorado, pues su valor actual es de 0.21 mientras que su valor anterior era de 0.31. Podemos inferir que el proceso de producción aun no es capaz de cumplir con las especificaciones a un nivel de clase mundial, sin embargo, se nota una gran mejoría con respecto a la condición anterior. En cuanto a los errores se tiene que su nivel es de generar 271968.56 errores por cada millón de oportunidades mientras que antes de la mejora era de 890404.84.

3.6. Desarrollo de los objetivos

3.6.1. Objetivo General

La metodología DMAIC permitió reducir los descartes en la producción de equipos y herramientas en el Consorcio Metalúrgico S.A., en el 2018. El porcentaje promedio de descartes antes de la aplicación de la metodología era del 5.25% y después de la aplicación es de 1.59%

3.6.2. Objetivo Especifico 1

A continuación, se muestra el resultado de la medición del nivel de descarte antes de la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y herramientas en el Consorcio Metalúrgico S.A.

El promedio de descarte en el año 2017 entre enero y octubre fue de 5.25%. El proceso estaba fuera de control y en un nivel crítico debido a que COMESA tiene como objetivo no superar el 2%. En cuanto al peso promedio mensual de descartes fue de 16.26 toneladas y un total de 162.60 toneladas.

Tabla 19

Porcentaje de descartes de las toneladas producidas noviembre-agosto 2018

Mes	Peso Piezas Rechazadas (TM)	Descarte %	Limite Unilateral Superior
Enero	6.73	2.51%	2%
Febrero	4.66	1.80%	2%
Marzo	4.13	1.52%	2%
Abril	8.69	3.32%	2%
Mayo	21.83	6.20%	2%
Junio	51.58	14.37%	2%
Julio	17.25	5.17%	2%
Agosto	11.61	4.17%	2%
Septiembre	29.63	9.70%	2%
Octubre	6.49	3.77%	2%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.6.3. Objetivo Especifico 2

El nivel de reducción de descarte logrado por la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y herramientas en el Consorcio Metalúrgico S.A se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20

Pronostico de descartes noviembre 2017-agosto 2018 sin la mejora a un promedio de 5.25%

Mes	Peso Bruto Fundido (TM)	Peso Piezas Rechazadas (TM)	Promedio de Descarte En-Ago 2017	Peso de 5.25% piezas rechazadas pronosticadas	Diferencia de pesos entre pronosticadas y reales
Noviembre	368.09	5.84	5.25%	19.32	13.49
Diciembre	365.07	10.53	5.25%	19.17	8.64
Enero	476.22	8.35	5.25%	25.00	16.66
Febrero	460.22	5.21	5.25%	24.16	18.95
Marzo	332.99	6.28	5.25%	17.48	11.21
Abril	441.45	5.43	5.25%	23.18	17.75
Mayo	401.08	6.84	5.25%	21.06	14.21
Junio	313.6	2.31	5.25%	16.46	14.15
Julio	345.06	5.10	5.25%	18.12	13.02
Agosto	408.46	6.10	5.25%	21.44	15.34

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Se observa en la tabla una reducción de descartes expresadas en toneladas desde noviembre 2017 hasta agosto 2018. En la siguiente tabla se presenta el flujo de ahorro en soles. Estos valores serán utilizados para hacer la evaluación del costo beneficio de la mejora implementada a través de la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos herramientas en la empresa COMESA.

Tabla 21

Estimación de flujos mensuales de ahorro noviembre 2017 – agosto 2018

Mes	Toneladas de descarte ahorrados	Monto ahorrado por tonelada en soles	Flujo de Ahorro en Soles
Noviembre 2017	13.49	3,364.64	45,388.07
Diciembre 2017	8.64	3,364.64	29,057.62
Enero 2018	16.66	3,364.64	56,043.29
Febrero 2018	18.95	3,364.64	63,765.14
Marzo 2018	11.21	3,364.64	37,707.44
Abril 2018	17.75	3,364.64	59,726.15
Mayo 2018	14.21	3,364.64	47,827.35
Junio 2018	14.15	3,364.64	47,623.11
Julio 2018	13.02	3,364.34	43,792.98
Agosto 2018	15.34	3,364.34	51,627.54

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

3.6.4. Objetivo Especifico 3

Medición de la relación el costo-beneficio de la reducción de descartes mediante la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y herramientas en el Consorcio Metalúrgico S.A.

A continuación, se presenta el cuadro de flujos de efectivo entre los meses de noviembre 2017 y agosto 2018. El análisis se hace tomando el 31 de octubre del 2017 como el momento cero del proyecto. En dicho momento el valor de la inversión es de S/. 17,376.00 y los flujos a favor se traen al momento cero con una tasa de descuento de 15% efectivo anual, que convertidos a un periodo mensual equivalen a 1.17%. En la columna "Valor al 31 oct-2017" se encuentran todos los "Flujos a favor" convertidos a valor del 31 de octubre. La suma de estos flujos a favor traídos al 31 de octubre con la tasa de descuento descrita, menos la inversión da como resultado un Valor Actual Neto de S/. 435,018.12.

Tabla 22

Tabla de flujos valorizados al 31 de octubre del 2017

mes	periodo	Flujos a favor	Valor al 31 oct- 2017/ Costo cap mes (0.0117)
	0	-17,376	
Nov-17	1	45,388.07	44,863.17
Dic-17	2	29,057.62	28,389.42
Ene-18	3	56,043.29	54,121.32
Feb-18	4	63,765.14	60,866.22
Mar-18	5	37,707.44	35,576.91
Abr-18	6	59,726.15	55,699.84
May-18	7	47,827.35	44,087.36
Jun-18	8	47,623.11	43,391.41
Jul-18	9	43,792.98	39,440.16
Ago-18	10	51,627.54	45,958.30
Valor actual de los ahorros			452,394.12

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

A continuación, se presenta el cuadro de análisis económico del impacto positivo de la aplicación de la metodología DMAIC en la producción de equipos y herramientas en el Consorcio Metalúrgico S.A.

Tabla 23

Análisis económico de la aplicación de la metodología DMAIC en la reducción de descartes en la empresa Consorcio Metalúrgico S.A.

Costo de capital de referencia anual efectiva	15%
Costo de capital mensual efectiva:	1.17%
VAN	S/.435,018.12
TIR	247%
B/C	26.04

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Antes de la aplicación de la metodología DMAIC, entre los meses de enero 2017 a octubre 2017 se generó un total de 162.60 toneladas de descartes que en promedio significaba un promedio mensual de 16.26 toneladas que a su vez indicaba un nivel de descartes de 5.25% del total de la producción.

Después de la implementación de la metodología DMAIC en la empresa Consorcio Metalúrgico SA, el promedio de descartes en toneladas fue de 6.20 lo cual significaba un nivel de 1.59% del total de la producción mensual. El nivel de descartes bajo desde 5.25% hasta 1.59% cayendo 3.66 puntos lo cual implicó una reducción del 69.71%.

En cuanto a los beneficios económicos para la empresa Consorcio Metalúrgico S.A. se tiene que, con un costo de capital de referencia anual efectiva de 15%, se determinó que el valor actual neto (VAN) es de S/. 435,018.12 en el momento cero, es decir al 31 de octubre del 2018. Asimismo, la tasa interna de retorno fue de 247%, y la relación beneficio-costos fue de 26.04.

En general, el Consorcio Metalúrgico S.A. generaba descartes promedios mensuales del 5.25% del total de su producción entre los meses de enero 2017 a octubre 2017, antes de la aplicación de la metodología DMAIC. Luego de la aplicación, el promedio mensual de descartes fue de 1.59 % cayendo en 3.66 puntos (5.25%-1.59%) lo cual implicó una reducción del 69.71%. Por otro lado, el nivel de descartes promedio mensuales expresado en toneladas cayó desde 16.26 hasta 6.20.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

El nivel de descartes antes de la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa Consorcio Metalúrgico entre los meses de enero a octubre 2017 era bastante alto, pues se descartaba productos por un total de 16.26 toneladas mensuales, el cual significaba el 5.25% de la producción, y aun cuando se podía reciclar el material en un alto porcentaje, esto generaba costos no recuperables por un promedio mensual de 54,692.00 soles.

Con la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa Consorcio Metalúrgico S.A. se logró reducir el nivel de descartes a un promedio mensual de 1.59%, logrando por tanto mantenerlo en un nivel bajo control según la meta establecida que indicaba que los descartes se mantengan por debajo del 2%. Esto significó una reducción del 69.71% con respecto al valor inicial antes de la aplicación de la metodología.

En cuanto a los beneficios económicos de la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa Consorcio Metalúrgico SA, se concluye que fue altamente rentable debido a que el valor actual neto calculado con punto de referencia temporal al 31 de octubre del 2017 se determinó que el valor actual neto de los flujos de fondos entre noviembre del 2017 y agosto del 2018 dio un valor positivo de S/. 435,018.12. La tasa interna de retorno fue igualmente muy favorable llegando a un 247%. Finalmente, la relación costo-beneficio con un valor de 26.04 muy superior a la unidad respalda el éxito del proyecto de mejora.

Por todo lo anterior, se concluye que la aplicación de la metodología DMAIC en la empresa Consorcio Metalúrgico SA resulto exitosa por haber logrado reducir el nivel de descartes desde un valor de 5.25% a un valor promedio de 1.59%, el cual se ubicó por debajo de la meta establecida de tener como máximo un 2% de descartes. Asimismo, como producto de esta reducción de descartes entre los meses de noviembre 2017 y agosto 2018, se logró obtener un beneficio económico de S/. 435,018.12.

RECOMENDACIONES

El objetivo de la aplicación de la metodología DMAIC con respecto lograr un nivel de descartes menores al 2% ha sido logrado, además desde el punto de vista de la capacidad de proceso también ha habido una mejora con respecto a su estado inicial, sin embargo desde el punto de vista de la metodología Six Sigma se espera tener un Cp con un valor superior a 1 para determinar al proceso como realmente capaz, esto implica que aún hay mucho espacio por mejorar. Por tanto, se recomienda continuar con los proyectos de mejora hasta lograr tener un proceso de producción realmente capaz. Además, se ve que es rentable dado que el costo beneficio muy favorable.

Con respecto al personal, se recomienda que la empresa busque mejorar sus procesos en el área de recursos humanos para aplicar estrategias adecuadas en la gestión del talento humano para incrementar las competencias del personal de producción de manera que se ajuste a las necesidades del área.

Con respecto al área de calidad, se recomienda implementar fichas de procesos y fichas de indicadores en todas las actividades críticas con el fin de poder controlar las actividades de manera más estratégica para tener los ratios de eficiencia en los procesos y los ratios de eficacia en las salidas de los procesos.

Finalmente, se recomienda que la empresa COMESA, desarrolle un planeamiento estratégico para analizar hacer el respectivo análisis interno y externo de la empresa en la actualidad y poder plantearse las metas a mediano y largo plazo con el fin de incrementar su competitividad. Es necesario contar con una misión, visión y políticas actualizadas para mantenerse y crecer en el mercado nacional primero y de ser posible atender mercados internacionales.

REFERENCIAS

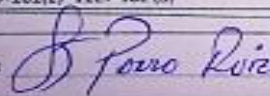
- Bernal, C., & Osorio, C. (2015). Optimización del Proceso Productivo de la Sección de Pintura de la Empresa Industrias Cruz Hermanos S.A. mediante la Metodología Seis Sigma. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Libre de Colombia, Bogotá.
- Breyfogle, F. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Collier, D., & Evans, J. (2009). *Administración de operaciones. bienes, servicios y cadena de valor*. Mexico: Cengage Learning.
- D'Alessio, F. (2004). *Administración y Dirección de la Producción*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Ordoñez, W., & Jorge, T. (2014). Análisis y Mejora de Procesos en una Empresa Textil Empleando la Metodología DMAIC. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Perez, E., & Garcia, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC - Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*. Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Reinoso, G. (2016). Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six sigma. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Vega, W. (2012). Mejora de proceso de fundición aplicando la metodología Lean Six Sigma. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Yang, K. (2003). *Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development*. New York: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo n°1. Programa de fusión SGC COMESA	81
Anexo n°2. Programa diario de moldeo SGC COMESA	81
Anexo n°3. Checklist diario del mezclador de arena. Turno mañana. SGC COMESA	82
Anexo n°4. Checklist diario del mezclador de arena. Turno Tarde. SGC COMESA	83
Anexo n°5. Checklist diario del área de moldeo. 9:00 a.m. SGC COMESA.....	84
Anexo n°6. Checklist diario del área de moldeo. 1:40 a.m. SGC COMESA.....	85
Anexo n°7. Diseño de colada SGC COMESA	86
Anexo n°8. Seguimiento de producción en el área de tapado SGC COMESA.....	87
Anexo n°9. Conversión de tasa efectiva anual a tasa efectiva mensual	88
Anexo n°10. Formula y cálculo del VAN.....	89
Anexo n°11. Calculo del VAN considerando cada flujo de efectivo mensual de manera individual.....	90
Anexo n°12. Calculo del VAN en Excel	91
Anexo n°13. Lógica y cálculo del TIR en Excel	92

Anexo 1. Programa de fusión SGC COMESA

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD										810-PO-01			
PROGRAMA DE FUSIÓN										Revision: 02			
DIA : LUNES										FECHA : 04 DE DICIEMBRE - 2017			
COLADA # : 01													
S/C	DESIGNACIÓN DE LA PIEZA	ORDEN DE TRABAJO	CLIENTES	CANT. MOLDES	P. TEORICO UNIT. (Kg.)	PESO REAL UNIT. (Kg.)	P. TEORICO TOTAL (Kg.)	PARAMETROS DE PRODUCCIÓN					
1	FORRO DEL CILINDRO 11744-101	844-17	CAT. HUANCA	3 ✓	290	850	870	HORNO ARCO	2	ALEACIÓN	AAC-44		
2	FORRO DEL CILINDRO 11744-102	844-17	CAT. HUANCA	4 ✓	330	—	1320	N° COLADO	5284	PESO TEORICO	4000 Kg.		
4	CUÑA DEL CILINDRO 1127-161(2)-1127-162 (3)	17000	A. DUVAZ	3 ✓	490	1400	1470	CUCHARA	6 TL	PESO REAL			
								T. COLADO	1460°C	H. COLADO	9:30 AM		
OBSERVACIONES										L = 160 C = 10			
COLADA # : 02													
S/C	DESIGNACIÓN DE LA PIEZA	ORDEN DE TRABAJO	CLIENTES	CANT. MOLDES	P. TEORICO UNIT. (Kg.)	PESO REAL UNIT. (Kg.)	P. TEORICO TOTAL (Kg.)	PARAMETROS DE PRODUCCIÓN					
1	FORRO DEL CILINDRO 1103-151 (2)	838-17	HORIZONTE	4 ✓	400	1760	1800	HORNO ARCO	2	ALEACIÓN	AMC-28		
2	PLACA DEL CILINDRO 1127-163 (3)	17000	A. DUVAZ	3 ✓	380	—	380	N° COLADO	5285	PESO TEORICO	4200 Kg.		
3	PLACA DEL CILINDRO 1129-193 (6)	817-17	EL BROCAL	4 ✓	580	—	2320	CUCHARA	6 TL	PESO REAL			
								T. COLADO	1560°C	H. COLADO	11:30 PM		
OBSERVACIONES										L = 200 C = 0			
COLADA # : 03													
S/C	DESIGNACIÓN DE LA PIEZA	ORDEN DE TRABAJO	CLIENTES	CANT. MOLDES	P. TEORICO UNIT. (Kg.)	PESO REAL UNIT. (Kg.)	P. TEORICO TOTAL (Kg.)	PARAMETROS DE PRODUCCIÓN					
1	FORRO DEL CILINDRO 1103-151 (2)	838-17	HORIZONTE	2 ✓	450	850	900	HORNO ARCO	2	ALEACIÓN	AMC-28		
2	FORRO DEL CILINDRO 1101-161 (2)	839-17	HORIZONTE	2 ✓	250	490	500	N° COLADO	5286	PESO TEORICO	4100 Kg.		
3	FORRO DEL CILINDRO 12889-103 (2)	17000	A. DUVAZ	4 ✓	380	—	1520	CUCHARA	6 TL	PESO REAL			
4	PLACA DEL CILINDRO 1129-193 (6)	817-17	EL BROCAL	2 ✓	580	110	1160	T. COLADO	1560°C	H. COLADO	1:30 PM		
OBSERVACIONES										L : 100 C = 30			
COLADA # : 04													
S/C	DESIGNACIÓN DE LA PIEZA	ORDEN DE TRABAJO	CLIENTES	CANT. MOLDES	P. TEORICO UNIT. (Kg.)	PESO REAL UNIT. (Kg.)	P. TEORICO TOTAL (Kg.)	PARAMETROS DE PRODUCCIÓN					
1	FORRO DEL CILINDRO 11744-101	844-17	CAT. HUANCA	2 ✓	290	—	580	HORNO ARCO	2	ALEACIÓN	AAC-44		
2	FORRO DEL CILINDRO 11744-102	844-17	CAT. HUANCA	2 ✓	330	—	660	N° COLADO	5287	PESO TEORICO	4100 Kg.		
3	FORRO DEL CILINDRO 11882-109 (3)	789-17	SANTA LUISA	1 ✓	400	380	400	CUCHARA	6 TL	PESO REAL			
4	FORRO CIL 11271-104 -11271-105	844-17	CAT. HUANCA	2 ✓	680	1390	1360	T. COLADO	1460°C	H. COLADO	5:30 PM		
5	CUÑA DEL CILINDRO 1127-161(2)-1127-162 (3)	17000	A. DUVAZ	2 ✓	490	1100	980	OBSERVACIONES					
										L : 800 C = 20			

V.B.: 

RESPONSABLE: R. MURILLO

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 2. Programa diario de moldeo SGC COMESA

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

PROGRAMA DIARIO DE MOLDEO

R14-PO-01
Revisión: 03
Página 1 de 1

Fecha: **LUNES 04 DE DICIEMBRE 2017**

RESPONSABLE: J. SOLÍSANO / CRISTO					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
2	FORRO CL	11275-106	844-17	C44	6
2	FORRO CL	11275-107	844-17	C44	6
2	FORRO CL	11275-108	844-17	C44	6
3	FORRO CL	1301-152	838-17	C28	2
3	FORRO CL	1301-162	838-17	C28	2

RESPONSABLE: A. CORREA / J. MACTIO					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
5	FORRO CL	11273-104	844-17	C44	10
5	FORRO CL	11273-105	844-17	C44	10

RESPONSABLE: M. MATOS / R. GORDILLO					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
1	TRUNFOV	1113-106	845-17	C02	10

RESPONSABLE: J. SUAREZ / J. HERNANDEZ					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
810	PLACA CL	1127-183	17006	C38	10

RESPONSABLE: L. BARRALES / VASQUEZ					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
510	CUÑA CL	1127-181	17000	C44	10
510	CUÑA CL	1127-187	17000	C44	10

RESPONSABLE: V. HUAMANI / BERNEDO					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
3	FORRO CL	1303-151	838-17	C28	6
3	FORRO CL	1303-153	838-17	C28	6
3	FORRO CL	1301-151	844-17	C28	4

RESPONSABLE: M. UTE / M. ROSA					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
1	FORRO CL	11748-104	844-17	C44	2
2	CASGURLO	1184-351	845-17	C28	6

RESPONSABLE: C. RIVERA / PASTOR					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
510	FORRO CL	1181-161	838-17	C28	7
1	FORRO CL	1181-161	838-17	C28	2
1	FORRO CL	1125-154	838-17	C28	2
1	FORRO CL	1125-154	838-17	C28	1
APDO EN TAPADO					

RESPONSABLE: M. OLIVERA / MARIANO MATTA					
CANT. Molde	Descrip.	Código	D.Ts.	Mate. Mol.	H.H. Mol.
3	FORRO CL	11852-209	780-17	C44	5
2	FORRO CL	1183-152	844-17	C28	2
1	FORRO CL	1163-151	844-17	C28	1

SECCIÓN ALMAS: J. MINAYA 8
SECCIÓN ALMAS: R. GUTIERREZ 10
VFR

SOLDADOR CAJAS: P. ALATRISTA
SECCIÓN ALMAS

PREP. ARENA SILICE / RESINA: J. MALCA 11 30
PREP. ARENA SILICE / RESINA: _____
RESPONSABLE: RAUL MURILLO

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 3. Checklist diario del mezclador de arena. Turno mañana. SGC COMESA

INSPECCIÓN		SAT	INS	N/A	INSPECCIÓN		SAT	INS	N/A
1	Disponibilidad de maquina carga arena	✓			10	Manguera de traslado de resina	✓		
2	Disponibilidad de arenas en las tolvas	✓			11	Temperatura de arena <= 30°C	✓		
3	Disponibilidad de catalizador	✓			12	1.3 a 1.5 % Resina en relación al peso de la arena	✓		
4	Disponibilidad de resina	✓			13	23 a 25 % Catalizador en relación al peso de la resina	✓		
5	Bomba de catalizador	✓			14	Motor 1700 Hp.	✓		
6	Bomba de resina	✓			15	Paletas del mezclador	✓		
7	Válvula de control de catalizador	✓			16	Regulación de paletas	-	✓	
8	Válvula de control de resina	✓			17	Iluminación del área	-	✓	
9	Manguera de traslado de catalizador	✓			18	Limpieza del área	✓		

FECHA: 06-11-17 TURNO: Mañana HORA: 7:30 AM

COMENTARIOS:
PALETAS MUY GASTADAS - FUEBRE URGENTE

NOMBRE DEL OPERADOR Y FIRMA: JUAN MALCA NOMBRE DEL SUPERVISOR Y FIRMA: Wilson Lombelgon

Instrucciones : Marque todas las regiones indicadas: SAT = Satisfactorio, INS. = Insatisfecho N/A = No aplica. En caso de cualquier comentario adicional utilice la parte de atrás de este formato.

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 4. Checklist diario del mezclador de arena. Turno Tarde. SGC COMESA

COMESA		SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD					
CHECK LIST DIARIO DEL MEZCLADOR DE ARENA							
FECHA: <u>06-11-17</u>			TURNO: <u>TARDE</u>		HORA: <u>1:40 PM</u>		
INSPECCION	SAT	INS	N/A	INSPECCION	SAT	INS	N/A
1	Disponibilidad de maquina carga arena	/			10	Manguera de traslado de resina	/
2	Disponibilidad de arenas en las tolvas	/			11	Temperatura de arena <= 30°C	/
3	Disponibilidad de catalizador	/			12	1.3 a 1.5 % Resina en relación al peso de la arena	/
4	Disponibilidad de resina	/			13	23 a 25 % Catalizador en relación al peso de la resina	/
5	Bomba de catalizador	/			14	Motor 1700 Hp.	/
6	Bomba de resina	/			15	Paletas del mezclador	/
7	Válvula de control de catalizador	/			16	Regulación de paletas	- /
8	Válvula de control de resina	/			17	Iluminación del área	- /
9	Manguera de traslado de catalizador	/			18	Limpieza del área	/
COMENTARIOS: <u>Paletas muy gastadas - Fondo urgente!</u>							
NOMBRE DEL OPERADOR Y FIRMA: <u>JUAN MAICA</u>				NOMBRE DEL SUPERVISOR Y FIRMA: <u>Wilson Fombona</u>			
Instrucciones : Marque todas las regiones indicadas: SAT = Satisfactorio, INS. = Insatisfecho N/A = No aplica. En caso de cualquier comentario adicional utilice la parte de atrás de este formato.							

Fuente: COMESA
 Autor: Elaboración propia

Anexo 5. Checklist diario del área de moldeo. 9:00 a.m. SGC COMESA

INSPECCIÓN		SI	NO	INSPECCIÓN		SI	NO
1	Disponibilidad de la caja de moldeo	✓		14	Molde con guías de arena	✓	
2	Existencia de la tarjeta de colada	✓		15	Molde con guías metálicas en la caja	✓	
3	Presentación del modelo en la caja	✓		16	Molde con resistencia en la manipulación	✓	
4	T.C. Especifica la posición de las entradas	✓		17	Molde con entradas bien posicionadas	✓	
5	T.C. Especifica dimensión de canales (60x60, 70x70)	✓		18	Canales bien dimensionadas (ancho y longitud)	✓	
6	T.C. Especifica la posición de los canales	✓		19	Canales de bien posicionados en relación a la pieza	✓	
7	T.C. Especifica dimensión canales (60x60, 70x70)	✓		20	Trampa bien posicionada en relación al bebedero	✓	
8	T.C. Especifica la posición de los maguitos	✓		21	Manguitos bien posicionados a la pieza	✓	
9	T.C. Especifica la posición de aliment. Lat.	✓		22	Alimentador lateral bien posicionado a la pieza	✓	
10	T.C. Especifica el tipo de arena de contacto	✓		23	Compactado de la arena de contacto	✓	
11	T.C. Especifica el tipo de arena de Relleno	✓		24	Compactado de la arena de relleno	✓	
12	T.C. Especifica dimensión de los canales de desfogue	✓		25	Molde con canales de desfogue	✓	
13	T.C. Especifica posición de los canales de desfogue	✓		26	Molde con desfogues bien posicionados	✓	

FECHA: 07-NOVIEMBRE 2017 HORA: 9:00 AM.

COMENTARIOS:
Tronador Carga M3-105 - ACC-02

NOMBRE DEL MOLDEADOR Y FIRMA: Maguel Matus
 NOMBRE DEL SUPERVISOR Y FIRMA: Winston Tronborgem

Instrucciones : Marque todas las regiones indicadas: SI = Conforme, NO. = No conforme.
 En caso de cualquier comentario adicional utilice la parte de atrás de este formato.

Fuente: COMESA
 Autor: Elaboración propia

Anexo 6. . Checklist diario del área de moldeo. 1:40 a.m. SGC COMESA

INSPECCIÓN		SI	NO	INSPECCIÓN		SI	NO
1	Disponibilidad de la caja de moldeo	✓		14	Molde con guías de arena	✓	
2	Existencia de la tarjeta de colada	✓		15	Molde con guías metálicas en la caja	✓	
3	Presentación del modelo en la caja	✓		16	Molde con resistencia en la manipulación	✓	
4	T.C. Especifica la posición de las entradas	✓		17	Molde con entradas bien posicionadas	✓	
5	T.C. Especifica dimensión de canales (60x60, 70x70)	✓		18	Canales bien dimensionadas (ancho y longitud)	✓	
6	T.C. Especifica la posición de los canales	✓		19	Canales de bien posicionados en relación a la pieza	✓	
7	T.C. Especifica dimensión canales (60x60, 70x70)	✓		20	Trampa bien posicionada en relación al bebedero	✓	
8	T.C. Especifica la posición de los maguitos	✓		21	Manguitos bien posicionados a la pieza	✓	
9	T.C. Especifica la posición de aliment. Lat.	✓		22	Alimentador lateral bien posicionado a la pieza	✓	
10	T.C. Especifica el tipo de arena de contacto	✓		23	Compactado de la arena de contacto	✓	
11	T.C. Especifica el tipo de arena de Relleno	✓		24	Compactado de la arena de relleno	✓	
12	T.C. Especifica dimensión de los canales de desfogue	✓		25	Molde con canales de desfogue	✓	
13	T.C. Especifica posición de los canales de desfogue	✓		26	Molde con desfogues bien posicionados	✓	

FECHA : 07 - NOVIEMBRE 2017 HORA: 1:40 PM

COMENTARIOS:
VARIAS PIEZAS. HLC. 72

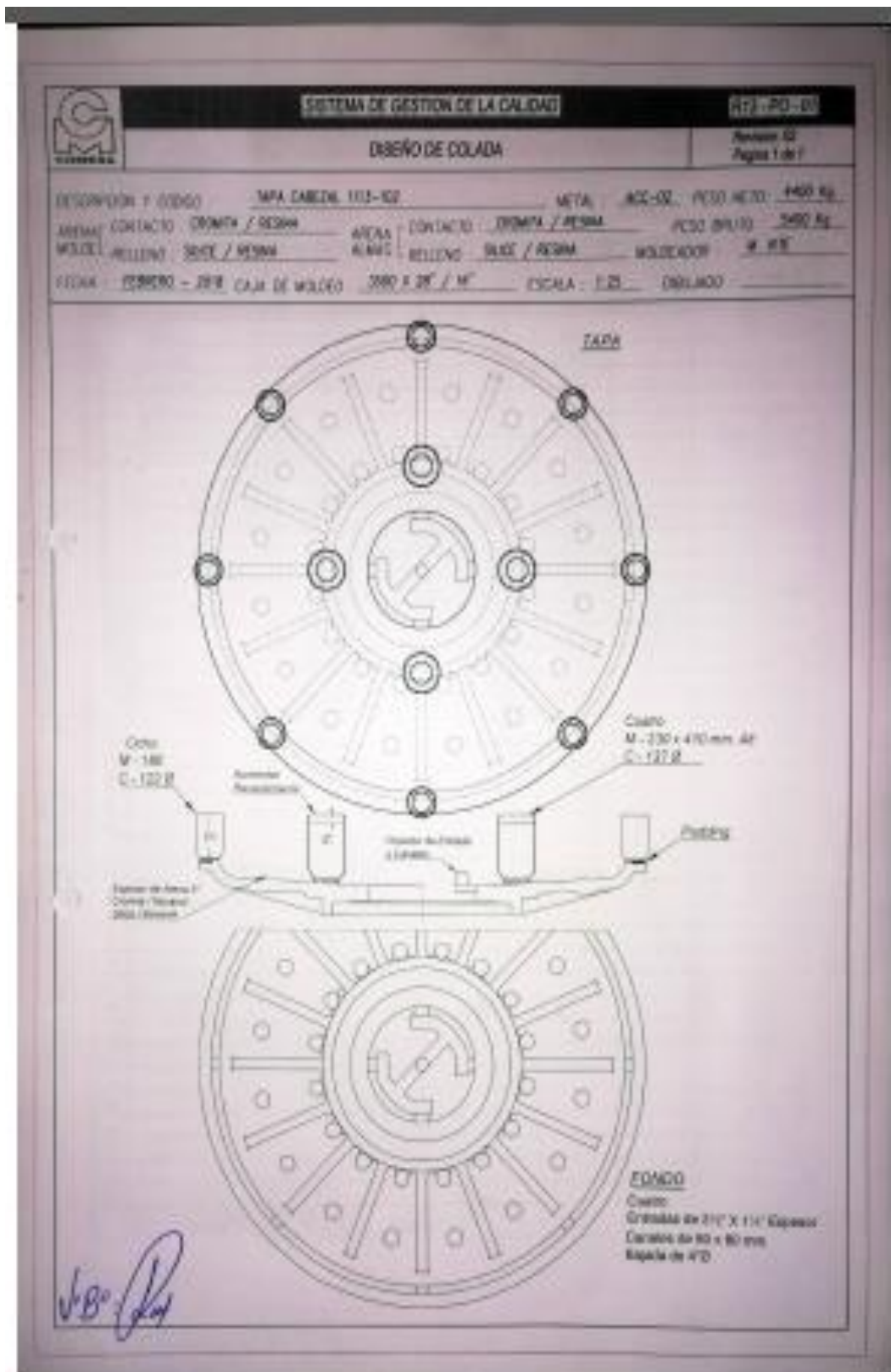
NOMBRE DEL MOLDEADOR Y FIRMA: Miguel Matos NOMBRE DEL SUPERVISOR Y FIRMA: Wilson Tamborger

Instrucciones : Marque todas las regiones indicadas: SI = Conforme, NO. = No conforme.
En caso de cualquier comentario adicional utilice la parte de atrás de este formato.

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 7. Diseño de colada SGC COMESA



Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 8. Seguimiento de producción en el área de tapado SGC COMESA

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD								
SEGUIMIENTO PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE TAPADO								
REALIZADO POR: <i>W. Fernández</i>		CARGO: <i>Supervisor</i>		FECHA: <i>09. NOV. 2017</i>				
DESCRIPCIÓN GENERAL								
ITEM	DESCRIPCIÓN	ORDEN	N° CUADRA	TEMPERATURA		VOLUMEN DE PRODUCCIÓN		Observaciones
				Inicio (°C)	Fin (°C)	Inicio (litros)	Fin (litros)	
1	Llave	91001-05	5201	180	190	60	-	1300 Colado
2	Llave	91002-06	5201	190	190	60	-	-
3	Llave	91003-07	5201	180	180	60	-	-
4	Llave	91004-08	5201	170	170	60	-	-
5	Llave	91005-09	5201	180	180	60	-	-
6	Forno Colado	11504-01	5202	170	180	65	-	1150 Colado
7	Cuaca Colado	1174-00	5202	175	180	65	-	-
8	Placa Colado	1101-19	5202	160	180	65	-	-
9	Forno Colado	1101-19	5202	160	180	65	-	3 ^{er} Colado
10	Cuaca Colado	1101-19	5202	160	170	63	-	-
11	Placa Colado	1101-19	5202	160	170	63	-	-
12	Placa Apom	5201-02	5202	170	179	-	45	1700 Colado
13	Forno Colado	1101-19	5202	170	180	-	45	7
14	Placa	1101-19	5202	160	180	-	45	4
15	Forno Colado	1101-19	5202	160	190	-	45	4
16	Forno Colado	1101-19	5202	160	190	-	45	4
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
REVISADO: <i>P. Ruiz</i>	CARGO: <i>[Signature]</i>							

Fuente: COMESA
 Autor: Elaboración propia

Anexo 9. Conversión de tasa efectiva anual a tasa efectiva mensual

COSTO DE CAPITAL ANUAL EFECTIVO: 15%

Formula para convertir la tasa efectiva anual a tasa efectiva mensual

$$TEM = ((1 + TEA)^{\frac{1}{12}} - 1)$$

TEM: TASA EFECTIVA MENSUAL

TEA: TASA EFECTIVA ANUAL

$$TEM = \left((1 + 0.15)^{\frac{1}{12}} - 1 \right) = 0.01171$$

COSTO DE CAPITAL MENSUAL EFECTIVO 1.17%

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 10. Formula y cálculo del VAN

$$VAN = -I + \sum \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

$$VAN = -17376.00 + \frac{45388.07}{(1+0.0117)^1} + \frac{29057.62}{(1+0.0117)^2} + \dots + \frac{51627.54}{(1+0.0117)^{10}}$$

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 11. Calculo del VAN considerando cada flujo de efectivo mensual de manera individual

			-17,376.00	45388.07	29057.62	56043.29	63765.14	37707.44	59726.15	47827.35	47623.11	43792.98	51627.54
mes	periodo	Valor en oct- 2017 Costo cap mes (0.0117)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	-17376											
Nov-17	1	44863.17											
Dic-17	2	28389.42											
Ene-18	3	54121.32											
Feb-18	4	60866.22											
Mar-18	5	35576.91											
Abr-18	6	55699.84											
May-18	7	44087.36											
Jun-18	8	43391.41											
Jul-18	9	39440.16											
Ago-18	10	45958.30											
		435018.12											

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia

Anexo 12. Calculo del VAN en Excel

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5	mes	periodo	Flujos a favor	
6		0	-17376	
7	Nov-17	1	45388.07	
8	Dic-17	2	29057.62	
9	Ene-18	3	56043.29	
10	Feb-18	4	63765.14	
11	Mar-18	5	37707.44	
12	Abr-18	6	59726.15	
13	May-18	7	47827.35	
14	Jun-18	8	47623.11	
15	Jul-18	9	43792.98	
16	Ago-18	10	51627.54	

⋮ ✕ ✓ fx =VNA(0.0117;D7:D16)+D6

VAN (S/.) 435018.12

Fuente: COMESA
 Autor: Elaboración propia

Anexo 13. Lógica y cálculo del TIR en Excel

$$0 = -17376.00 + \frac{45388.07}{(1+TIR)^1} + \frac{29057.62}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{51627.54}{(1+TIR)^{10}}$$

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5	mes	periodo	Flujos a favor	
6		0	-17376	
7	Nov-17	1	45388.07	
8	Dic-17	2	29057.62	
9	Ene-18	3	56043.29	
10	Feb-18	4	63765.14	
11	Mar-18	5	37707.44	
12	Abr-18	6	59726.15	
13	May-18	7	47827.35	
14	Jun-18	8	47623.11	
15	Jul-18	9	43792.98	
16	Ago-18	10	51627.54	

:

✕
✓
f_x

=TIR(D6:D16)

TIR= 2.47

Fuente: COMESA

Autor: Elaboración propia