



Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Damiano, Franco Nicolás

Porreca, Diego

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, 18/06/2019



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Damiano, Franco Nicolás

Porreca, Diego

Evaluadores:

Mg. Ing. Company, Sergio A.

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Lic. Grammatico, Juan Pablo

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Ing. Laville, Daniel

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Director:

Lic. Grammatico, Juan Pablo

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Codirector:

Ing. Laville, Daniel

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

ÍNDICE

ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
TABLA DE SIGLAS	x
RESUMEN.....	xi
PALABRAS CLAVE	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Misión.....	1
1.1.2. Visión	2
1.1.3. Estrategia empresarial	2
1.1.4. Clientes	2
1.1.5. Organigrama	2
1.2. Problemáticas encontradas.....	3
1.2.1. No cumplimientos de los tiempos de entrega	4
1.2.2. Rechazos	4
1.2.3. Toma de decisiones sin basarse en datos.....	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Estructura del trabajo	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Herramientas del Estudio de Métodos y de la Distribución en Planta.	6
2.1.1. Cursograma analítico	6
2.1.2. Diagrama de recorrido.....	6
2.2. Matriz de producto y proceso	7
2.2.1. Opciones de proceso: Proceso por lotes	7

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

2.3.	Diseño del producto	8
2.3.1.	Estrategias para la introducción de nuevos productos.....	8
2.3.2.	Proceso de desarrollo de nuevos productos.....	9
2.4.	Herramientas de la Calidad.....	10
2.4.1.	Diagrama de Flujo.....	10
2.2.1.1	Tráfico cruzado	11
2.2.1.2	Retrocesos.....	11
2.2.1.3	Distancia recorrida	11
2.4.2.	Análisis de Pareto	12
2.4.3.	Diagrama de Causa-Efecto	13
2.5.	Matriz de priorización	14
2.6.	Mapeo de procesos.....	15
2.7.	Seguimiento y medición de los procesos	16
2.7.1.	Indicadores y tablero de control operativo	16
2.7.2.	Perspectivas del tablero de control.....	17
2.8.	Mantenimiento	18
2.8.1.	Mantenimiento preventivo	18
3.	DESARROLLO.....	19
3.1.	Procesos de producción.....	19
3.2.	Alcance del trabajo.....	19
3.3.	Descripción del proceso de fabricación de piezas de acero por Microfusión 20	
3.3.1.	Estrategia producto-proceso	27
3.3.2.	Diseño de productos	28
3.4.	Descripción de la situación actual	29
3.4.1.	Distribución en planta.....	29
3.4.2.	Descripción de recepción y distribución de materias primas.....	31
3.4.3.	Descripción del recorrido de productos terminados	31
3.4.4.	Análisis del flujo de la planta	32

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.4.5.	Rechazos y retrabajos en el proceso productivo	39
3.4.6.	Puntos de control del proceso	42
3.5.	Análisis crítico	43
3.5.1.	Distribución en planta.....	43
3.5.2.	Rechazos y retrabajos.....	44
3.5.2.1	Falta de llenado	44
3.5.2.2	Daño por corte	47
3.5.2.3	Inclusiones.....	51
3.5.3.	Puntos de control del proceso	55
3.6.	Propuesta de mejora.....	55
3.6.1.	Distribución en planta.....	55
3.6.1.1.	Propuesta de mejora 1: Sector Cerámico.....	55
3.6.1.2.	Propuesta de mejora 2: Sectores Fundición, Corte y Control Final.	58
3.6.1.3.	Impacto de las propuestas de mejoras en el proceso de Microfusión.	62
3.6.2.	Rechazos y retrabajos.....	62
3.6.2.1	Falta de llenado.....	62
3.6.2.2	Daño por corte	65
3.6.2.3	Inclusiones	67
3.6.3.	Diseño de un tablero de control.....	69
3.6.6.1.	Objetivos	69
3.6.6.2.	Indicadores.....	70
3.6.6.3.	Tablero de Control.....	78
4.	CONCLUSIÓN	80
5.	BIBLIOGRAFÍA	82
6.	ANEXO	83
I.	Anexo I: Encuestas de satisfacción de los clientes.....	83
II.	Anexo II: Mapeo de procesos.....	84
III.	Anexo III: Seguridad en hornos de inducción	85

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

IV.	Anexo IV: Datos históricos de la empresa	91
V.	Anexo V: Método de evaluación y seguimiento de proveedores.....	93
VI.	Anexo VI: Planilla de piezas devueltas por los clientes	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Descripción de la empresa como sistema abierto	1
Figura 2: Organigrama de la empresa	3
Figura 3: Matriz producto-proceso.	7
Figura 4: Símbolos para realizar diagramas de flujo	11
Figura 5: Diagrama de Pareto de un caso ejemplo.	13
Figura 6: Diagrama de Causa-Efecto caso ejemplo.	14
Figura 7: Modelo de Mapeo de procesos.....	16
Figura 8: Etapas del proceso de producción por Microfusión.....	20
Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de Microfusión	21
Figura 10: Diagrama de flujo del sector de cera.....	22
Figura 11: Sector cera.	23
Figura 12: Diagrama de flujo del sector de cerámico.	23
Figura 13: Sector cerámico.....	24
Figura 14: Diagrama de flujo del sector de fundición.	24
Figura 15: Sector fundición.	25
Figura 16: Diagrama de flujo del sector corte.....	26
Figura 17: Diagrama de flujo del sector de control de calidad final.	27
Figura 18. Ubicación de la empresa en la matriz de producto-proceso.	28
Figura 19: Distribución en planta (actual).....	30
Figura 20: Diagrama de recorrido en los sectores de cera y de cerámico (actual). .	33
Figura 21: Diagrama de recorrido de los sectores de fundición, corte y control final (actual).....	34
Figura 22: Cursograma analítico del sector cera (actual).....	35
Figura 23: Cursograma analítico del sector fundición (actual).....	36
Figura 24: Cursograma analítico del sector cerámico (actual).....	37
Figura 25: Cursograma analítico del sector de corte y control final (actual).	38
Figura 26: Análisis de Pareto de rechazos y retrabajos en Microfusión.	41
Figura 27: Planilla de rechazos y retrabajos.	42
Figura 28: Diagrama de causa-efecto de falta de llenado.	45
Figura 29: Diagrama causa-efecto de daño por corte.	49
Figura 30: Diagrama causa-efecto de inclusiones.....	53
Figura 31: Diagrama de recorrido del sector cerámico (propuesto).....	56

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Figura 32: Cursograma analítico del sector cerámico (propuesto).	57
Figura 33: Diagrama de recorrido de los sectores de fundición, corte y control final (propuesto).....	59
Figura 34: Cursograma analítico del sector de fundición (propuesto).....	60
Figura 35: Cursograma analítico del sector corte y control final (propuesto).	61
Figura 36: Ejemplo de simulación con ProCast 1.....	63
Figura 37: Ejemplo de simulación con ProCast 2.....	64
Figura 38: Ejemplo de simulación con ProCast 3.....	64
Figura 39: Checklist de la máquina de desterronado (propuesto)	65
Figura 40: Plan de mantenimiento preventivo de la máquina de desterronado (propuesto).....	66
Figura 41: Mapa estratégico	70
Figura I.1: Resultados de encuestas de satisfacción del cliente.....	83
Figura II. 1: Mapeo de procesos.	84
Figura III.1: Horno de inducción.	85
Figura III.2.: Equipo de protección personal típico.	87
Figura III.3: Explosión.	88
Figura III.4. Sistema de enfriamiento horno.	88
Figura III.5: Sección horno.....	89
Figura IV.1: Rechazos en el proceso de producción por Microfusión.....	91
Figura IV.2: Retrabajos en el proceso de producción por Microfusión.....	91
Figura IV.3: Tiempo dedicado a retrabajo.	92
Figura IV.4: Piezas aceptadas luego de retrabajo.....	92
Figura IV.5: Kilos de acero fundido.	93
Figura IV.6: Cumplimiento de plazos de entrega.	93

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modelo de matriz de priorización	15
Tabla 2: Referencias para los diagramas de recorrido.....	32
Tabla 3: Resultados finales del proceso de Microfusión (actual).....	39
Tabla 4: Rechazos y retrabajos en el proceso de Microfusión.	40
Tabla 5: Causas de falta de llenado.....	46
Tabla 6: Criterios de evaluación.....	46
Tabla 7: Matriz de priorización (falta de llenado).....	47
Tabla 8: Causas de daño por corte.....	50
Tabla 9: Matriz de priorización (daño por corte).....	50
Tabla 10: Causas de inclusiones.	54
Tabla 11: Matriz de priorización (inclusiones).	54
Tabla 12: Propuesta de mejora 1: resumen.	58
Tabla 13: Propuesta de mejora 2: resumen.	62
Tabla 14: Impacto de las propuestas de mejora en el proceso de Microfusión: resultados.....	62
Tabla 15: Matriz de evaluación de proveedores (propuesta).....	68
Tabla 16: Criterios de puntajes para matriz de evaluación de proveedores (propuesta).....	68
Tabla 17: Objetivos según perspectivas.	69
Tabla 18: Indicador ingresos por venta.....	71
Tabla 19: Indicador cuota de mercado.....	71
Tabla 20: Indicador piezas devueltas.....	72
Tabla 21: Indicador cumplimiento de los plazos de entrega.....	73
Tabla 22: Indicador piezas rechazadas.....	73
Tabla 23: Indicador piezas retrabajadas.	74
Tabla 24: Indicador tiempo dedicado al retrabajo de piezas.	74
Tabla 25: Indicador piezas aceptadas luego de retrabajo.	75
Tabla 26: Indicador piezas defectuosas por falta de llenado.....	75
Tabla 27: Indicador piezas defectuosas por daño por corte.	76
Tabla 28: Indicador piezas defectuosas debido a inclusiones.....	76
Tabla 29: Indicador sugerencias de empleados.....	77
Tabla 30: Indicador de ausentismo.....	77

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Tabla 31: Tablero de control (propuesto).....	79
Tabla V.1. Seguimiento de proveedores.....	94
Tabla VI.1: Planilla de registro de piezas devueltas.....	95

TABLA DE SIGLAS

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

MO: Mano de Obra.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

PYME: Pequeñas y Medianas Empresas.

UOM: Unión de Obreros Metalúrgicos.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla dentro del ámbito metalúrgico, interviniendo en la situación real de una empresa del rubro, específicamente, en la producción de piezas de acero por Microfusión. Se concentran los esfuerzos en ella debido a que presenta deficiencias en la ejecución de sus actividades, ya que no se cumplen los tiempos de entrega y se producen una gran cantidad de rechazos y retrabajos durante todo el proceso. Además, las decisiones que se toman carecen de sustento en base a indicadores e información, sino más bien en experiencia del personal encargado. En consecuencia, se establece como objetivo principal generar propuestas que mejoren el desempeño del área de producción, planteando alternativas ante estas problemáticas. Para ello, se inicia identificando y estudiando las diferentes partes del proceso de Microfusión. Se estudia la distribución en planta, buscando puntos de mejora. Luego, se analizan los tipos de rechazos y retrabajos para poder centrarse en los más significativos. Finalmente se diseña un tablero de control como mecanismo para dar seguimiento a las distintas propuestas como así también para facilitar la toma de decisiones por parte de la dirección.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

PALABRAS CLAVE

Acero, fundición, eficiencia, mejora, control.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

*“Tanto si piensas que puedes,
como si piensas que no puedes,
estás en lo cierto.”*

Ford, Henry.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

En este trabajo se estudia una empresa perteneciente al rubro metalúrgico, ubicada en el Parque Industrial de Tandil, provincia de Buenos Aires, fundada en el año 1970.

Se dedica a la producción de piezas de acero desde 5 g. a 1,5 kg. y excepcionalmente hasta 18 kg. La característica fundamental de la organización es que los productos se realizan en base a las solicitudes específicas de los clientes, en una amplia variedad que incluye piezas utilizadas en los equipos de perforación de petróleo, piezas de motores de automóviles y los armazones de armas de fuego, entre otras.

La producción se realiza a través de tres procesos: Microfusión, *Shell Moulding*¹ y Fundición por molde o químico. Se elige el proceso de producción según el tamaño y la geometría de la pieza a realizar. Cabe destacar que el 80% de la producción total se realiza a través de Microfusión.

A continuación, en la figura 1 se describe a la empresa como un sistema abierto:

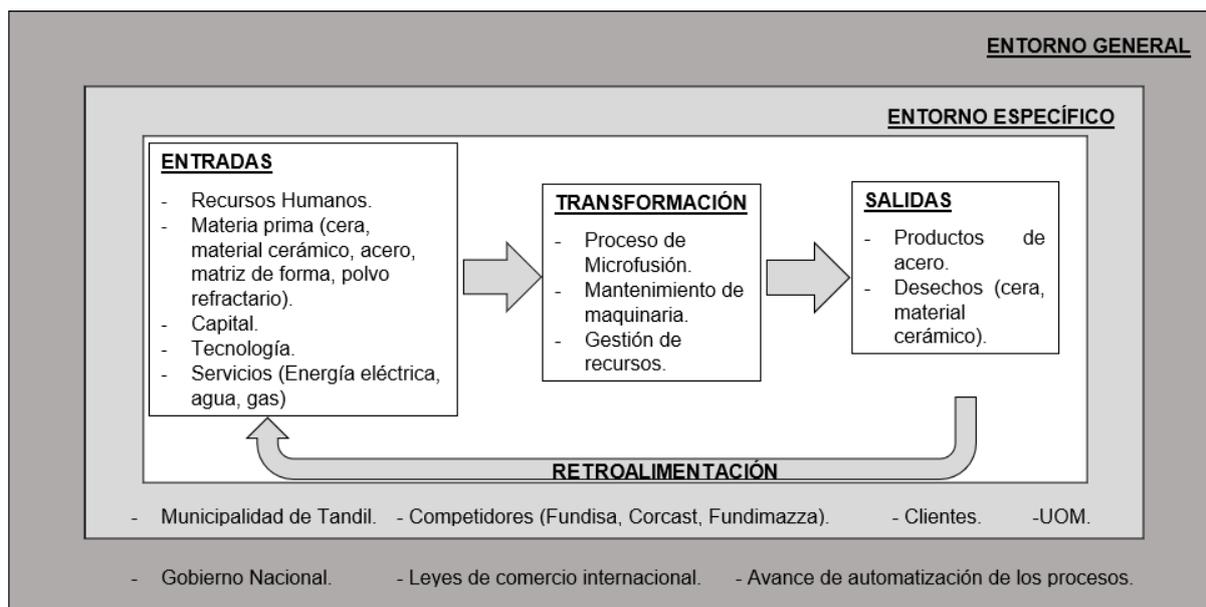


Figura 1: Descripción de la empresa como sistema abierto
Fuente: Elaboración propia.

1.1.1. Misión

La empresa expresa su misión de la siguiente forma:

“Fabricación de piezas de acero de alta precisión y calidad, de acuerdo a los lineamientos de las normas más importantes a nivel global prestando especial atención a las especificaciones de nuestros clientes”.

¹ Shell Moulding: Moldeo en cascara.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

1.1.2. Visión

En cuanto a su visión, está definida de la siguiente forma:

“Convertirse en la empresa más predominante en materia de fundición de precisión, bajo estrictas normas de calidad y con atención personalizada del país y la región”.

1.1.3. Estrategia empresarial

La empresa utiliza una estrategia de diferenciación, en donde brinda productos y servicios personalizados y de alta calidad a sus clientes, de características distintivas en el mercado. Siendo las prioridades competitivas de la empresa la alta calidad, la personalización y la flexibilidad en volumen.

1.1.4. Clientes

La empresa diseña y desarrolla piezas para clientes de diferentes mercados, entre los que se encuentran: industria petrolera, alimenticia, minera, agroindustrial, automotriz, armamentística y el mercado de implantes quirúrgicos.

Entre las áreas de comercialización se encuentran toda la zona del territorio argentino y los países limítrofes, tales como Brasil, Uruguay y Chile.

1.1.5. Organigrama

El organigrama de la organización se muestra en la figura 2.

El directorio de la empresa está formado por tres directivos generales. Uno de ellos es el encargado del departamento de producción, otro del departamento de comercialización y el restante del departamento de finanzas.

En el nivel operativo, la empresa cuenta con 44 operarios. Operan en un turno de 8hs. el cual va desde las 8:00am hasta las 4:00pm, y se encuentran distribuidos tal como indica la figura 2.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

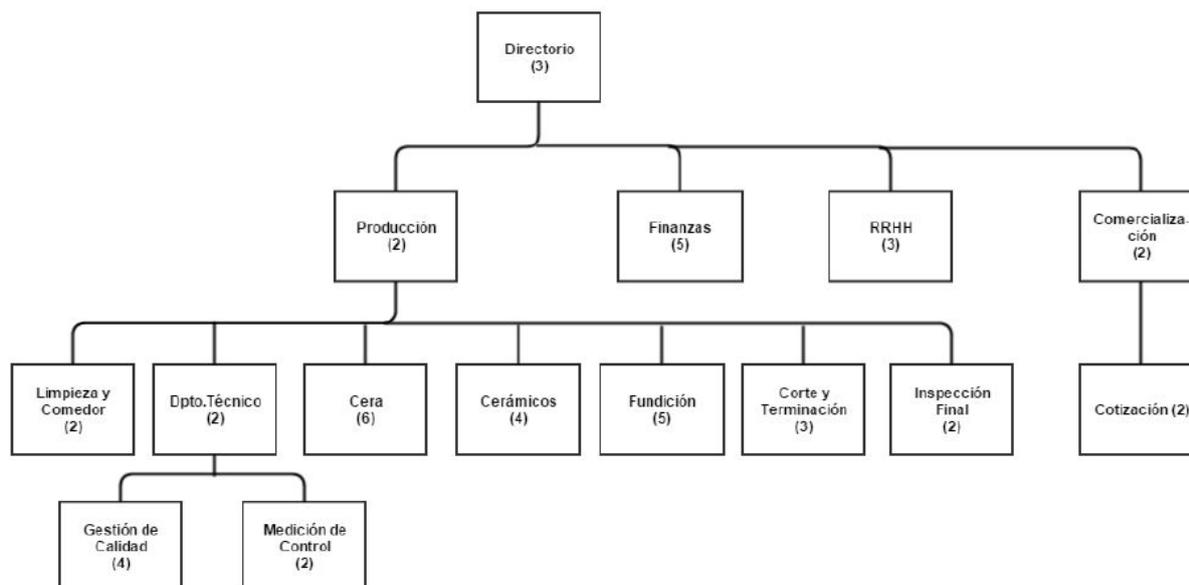


Figura 2: Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia

1.2. Problemáticas encontradas

Los directivos de la empresa plantean como principal problema el no cumplimiento de los tiempos de entrega. Los asocian principalmente a la gran cantidad de rechazos en las distintas etapas del proceso productivo.

Los rechazos se agrupan teniendo en cuenta el sector en el que se producen: cera, cerámico, fundición, corte e inspección final. Cabe destacar que el impacto es distinto según el sector involucrado: de producirse el rechazo en el sector cera, es el menos significativo ya que se vuelve a reiniciar el proceso y, al ser esta la primera etapa, no se pierde gran cantidad de tiempo.

Por otro lado, cualquier rechazo ocurrido en los demás sectores tiene gran influencia en los tiempos de producción, debido a que el proceso de Microfusión es extenso. Particularmente en el sector cerámico, las piezas se procesan durante varios días. Por lo que la aparición de un error significa volver a iniciar el proceso y, como consecuencia, días perdidos.

Adicionalmente, se pudo observar que la dirección carece de indicadores de gestión concretos que permitan tomar decisiones sobre las variables críticas de los procesos de producción. Debido a esto, muchas de las decisiones que se toman en el sistema de producción se basan principalmente en la experiencia y en el conocimiento del encargado del departamento. No así en base a datos o indicadores obtenidos en el proceso.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Finalmente, se considera que hay oportunidades de mejora en la distribución de la planta. Esto se debe a que se detectó la presencia de flujos cruzados en los sectores de producción, además de una gran distancia de desplazamiento del producto a lo largo del proceso productivo.

1.2.1. No cumplimientos de los tiempos de entrega

Actualmente, la empresa está teniendo problemas en cumplir con los tiempos pactados de entrega a los clientes. Este problema trae grandes consecuencias, entre las cuales se pueden destacar:

- Aumento de los costos directos: los días adicionales a los planificados que deben trabajarse para cumplir con un pedido se imputan sobre el costo total del producto, lo que disminuye la rentabilidad del proyecto.
- Satisfacción del cliente: el no cumplimiento con el plazo de entrega genera un descontento y una desconfianza que representa una barrera muy difícil de romper a la hora de concretar una futura venta.
- Un cliente al que se le incumple es, por lo general, un cliente que se pierde.

1.2.2. Rechazos

Un rechazo se produce cuando una pieza no cumple con las especificaciones y debe descartarse, perdiendo todos recursos que se habían destinado a su producción. Este problema genera serios retrasos, lo que influye en el incumplimiento de los tiempos de entrega de la siguiente forma:

- Pérdida de tiempo.
- Pérdida de material.
- Esfuerzos adicionales.

1.2.3. Toma de decisiones sin basarse en datos

Tomar decisiones basándose en datos permite reducir errores, incertidumbre, subjetividad y suposiciones. Cuando se basan las decisiones en el análisis y la evaluación de los datos se tiene mayor probabilidad de producir los resultados deseados. Además, permite respaldar las decisiones y las distintas propuestas que se realicen, como así también ayuda a la aceptación de las partes interesadas.

Del mismo modo que la intuición puede equivocarse, los razonamientos también pueden ser equivocados. La diferencia es que en los razonamientos equivocados se pueden dar las razones de porqué están equivocados, en cambio en los juicios intuitivos no.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cabe destacar que para tomar decisiones basadas en datos es de vital importancia que la información se encuentre actualizada y que sea confiable.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Se estableció como objetivo general del trabajo el análisis y la realización de propuestas de mejora del proceso de fabricación de piezas de acero por Microfusión. Para ello se emplean los conocimientos y las herramientas aprendidas en el transcurso de la carrera.

1.3.2. Objetivos específicos

El desarrollo del trabajo corresponde a los siguientes objetivos específicos:

- Identificación y análisis del proceso productivo y de la situación actual.
- Estudio de la distribución en planta.
- Elaboración de propuestas de mejora del sistema productivo.
- Diseño de un tablero de control, para dar seguimiento a los procesos y poder tomar decisiones en momentos oportunos.

1.4. Estructura del trabajo

A fin de abordar los objetivos planteados, el documento se estructura, a partir de ahora, en tres grandes secciones. La primera es el marco teórico, que consiste en el desarrollo de los fundamentos teóricos o revisión bibliográfica en la que se apoyó para la realización del trabajo. Luego, se presenta el desarrollo que describe los procedimientos y metodologías utilizadas. La última sección, conclusiones, constituye un resumen de las ideas y propuestas principales planteadas a lo largo del trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Herramientas del Estudio de Métodos y de la Distribución en Planta.

Se presentan a continuación dos herramientas que se requieren para el relevamiento y mejoramiento de los procesos propuestas por el Estudio de Métodos como son el cursograma analítico y diagrama de recorrido asociado.

2.1.1. Cursograma analítico

El cursograma analítico es un diagrama que registra, en forma de cuadro y con alto grado de detalle, la trayectoria de un producto o procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen con el símbolo que corresponda. En este sentido, la Organización Internacional del Trabajo (1998) propone emplear la siguiente simbología:

 OPERACIÓN: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. En general, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación.

 INSPECCIÓN: Indica el control de calidad y/o verificación de la cantidad.

 TRANSPORTE: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.

 DEPÓSITO PROVISIONAL O ESPERA: Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo de cualquier objeto hasta que se necesite.

 ALMACENAMIENTO PERMANENTE: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización.

Según sea que se registre lo que hace la persona que trabaja, cómo se manipula el material o cómo se utiliza un equipo, el cursograma analítico podrá ser basado en el operario, en el material o en el equipo.

2.1.2. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido suele acompañar al cursograma analítico mostrando, sobre el plano de la planta, cada una de las tareas relevadas. Esta disposición permite visualizar más fácilmente las distancias recorridas por las partes y la secuencia de operaciones.

Una de las principales utilidades de este diagrama consiste en facilitar la identificación de tráfico cruzado en aquellos lugares donde las líneas de flujo se cruzan. El tráfico cruzado es indeseable tanto por el riesgo de accidentes que contrae como por el hecho de que está asociado a retrocesos e ineficiencias en la distribución.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

2.2. Matriz de producto y proceso

La matriz de productos y procesos, que se muestra en la figura 3, reúne tres elementos: (1) volumen; (2) diseño del producto, y (3) proceso. Sincroniza el producto que se fabricará con el propio proceso de manufactura. La dimensión vertical de la matriz de productos y procesos se relaciona con: complejidad, divergencia y flujo.

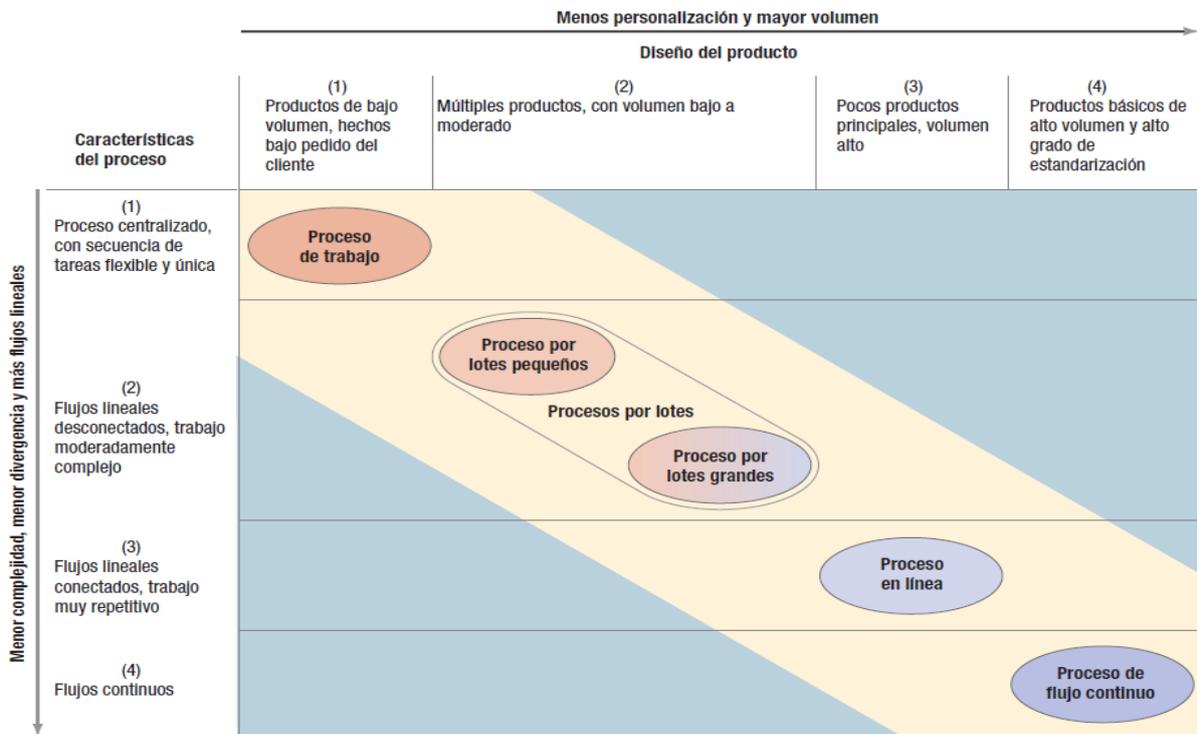


Figura 3: Matriz producto-proceso.
Fuente: L. Krajewski.

La figura 3 muestra varias posiciones deseables (a menudo llamadas opciones de proceso) en la matriz de productos y procesos que conectan efectivamente el producto manufacturado con el proceso. La opción de proceso es la manera de estructurar el proceso mediante la organización de los recursos en torno al proceso o en torno a los productos. El gerente dispone de cuatro opciones de proceso, que forman un continuo, entre las cuales puede elegir: (1) proceso de trabajo; (2) proceso por lotes; (3) proceso en línea, y (4) proceso continuo. No es probable que un proceso de manufactura se desarrolle bien si su posición se ubica demasiado lejos de la franja diagonal. La opción de proceso puede aplicar a todo el proceso de manufactura o sólo a un subproceso anidado dentro de él. (Krajewski, 2008)

2.2.1. Opciones de proceso: Proceso por lotes

Un proceso por lotes se distingue de un proceso de trabajo por sus características de volumen, variedad y cantidad.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

La diferencia principal es que los volúmenes son más altos porque los mismos productos o partes que los forman, u otros similares, se producen repetidamente. Otra diferencia es que se provee una gama más estrecha de productos. La tercera diferencia es que las partidas de producción se manejan en cantidades (o lotes) mayores que en los procesos de trabajo. Se procesa un lote de un producto y enseguida la producción se ajusta al siguiente lote. A la larga, el primer producto se vuelve a producir.

Un proceso por lotes tiene volúmenes promedio o moderados, pero la divergencia del proceso es aún demasiado grande como para justificar el hecho de dedicar un proceso distinto a cada producto. El flujo del proceso es flexible, sin que exista una secuencia estándar de pasos a través de toda la instalación. Sin embargo, se perfilan rutas más dominantes que en un proceso de trabajo, y algunos segmentos de los procesos tienen flujo en línea. (Krajewski, 2008)

2.3. Diseño del producto

El diseño de nuevos productos es crucial para la supervivencia de la mayoría de las empresas. Aunque existen algunas firmas que experimentan muy poco cambio en sus productos, la mayoría de las compañías deben revisarlos en forma constante. En las industrias que cambian con rapidez, la introducción de nuevos productos es una forma de vida y se han desarrollado enfoques muy sofisticados para presentar nuevos productos.

El diseño del producto casi nunca es responsabilidad única de la función de operaciones, sin embargo, esta se ve muy afectada por la introducción de nuevos productos y viceversa. La función de operaciones es el “receptor” de la instrucción de nuevos productos. Al mismo tiempo, estos nuevos productos se ven limitados por las operaciones existentes y la tecnología. Por lo tanto, resulta extremadamente importante comprender el proceso de diseño de nuevos productos, así como su interacción con las operaciones. (Schroeder, 2011)

2.3.1. Estrategias para la introducción de nuevos productos

Existen tres maneras fundamentales de enfocar el proceso de introducción de nuevos productos: se le puede considerar como un impulso del mercado, un impulso de la tecnología o uno de naturaleza interfuncional.

1. Impulso del mercado. De acuerdo con este enfoque, “se debe fabricar lo que se puede vender”. En este caso los nuevos productos quedan determinados por el mercado dando muy poca consideración a la tecnología existente y a los procesos de operaciones. Las necesidades del cliente son la base primordial (o única) para la introducción de nuevos productos. Se puede determinar el tipo de

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

nuevos productos que se necesitan a través de la investigación de mercado o la retroalimentación de los consumidores. Después se producen estos productos.

2. Impulso de la tecnología. Este enfoque sugiere que “se debe vender lo que se puede hacer”. De acuerdo con esto, los nuevos productos deben derivarse de la tecnología de producción, con poca consideración del mercado. La tarea de mercadotecnia es la de crear un mercado y “vender” los productos que se fabrican. A través de un enfoque agresivo en investigación y desarrollo, y en operaciones, se crean productos de tipo superior que tienen una ventaja “natural” en el mercado.
3. Interfuncional. Con este enfoque, la introducción de nuevos productos tiene una naturaleza interfuncional y requiere de la cooperación entre mercadotecnia, operaciones, ingenierías y otras funciones. El proceso de desarrollo de nuevos productos no recibe ni el impulso del mercado ni el de la tecnología, sino que queda determinado por un esfuerzo coordinado entre funciones. El resultado debe ser los productos que satisfacen las necesidades del consumidor mientras que se utilizan las mayores ventajas posibles de la tecnología. (Schroeder, 2011)

2.3.2. Proceso de desarrollo de nuevos productos

Independientemente de cuál sea el enfoque organizacional que se utilice para el desarrollo de nuevos productos, los pasos que se siguen para el desarrollo de nuevos productos son casi los mismos. Según Schroeder (2011), los pasos son los siguientes:

1. Generación de la idea. Las ideas se pueden generar a partir del mercado o a partir de la tecnología. Las ideas del mercado se derivan de las necesidades del consumidor. Por otro lado, las ideas también pueden surgir de la tecnología disponible o nueva.
2. Selección del producto. No todas las ideas nuevas deben desarrollarse para convertirlas en nuevos productos. Las ideas para nuevos productos deben pasar por lo menos tres pruebas: el potencial de mercado, la factibilidad financiera y la compatibilidad con operaciones.
3. Diseño preliminar del producto. Esta etapa del proceso de diseño de un producto se relaciona con el desarrollo del mejor diseño para la idea del nuevo producto. Se toma en cuenta un gran número de compensaciones entre costo, calidad y rendimiento del producto.
4. Construcción del prototipo. Puede tener varias formas diferentes. Una vez que se ha probado el prototipo con éxito, se puede terminar el diseño definitivo y dar el servicio en franquicia y desarrollar a gran escala.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

5. Pruebas. Las pruebas en los prototipos buscan verificar el desempeño técnico y comercial.
6. Diseño definitivo del producto. Se desarrollan dibujos y especificaciones para este producto. Como resultado de las pruebas en los prototipos se pueden incorporar ciertos cambios al diseño definitivo. Debe desarrollarse un paquete de información para asegurar la factibilidad de producir el producto. Debe contener detalles relacionados con la tecnología del proceso, datos de control de calidad, procedimiento de prueba de rendimiento del producto y otras cuestiones parecidas.

2.4. Herramientas de la Calidad

2.4.1. Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de todos los pasos involucrados en un proceso completo o en un segmento específico de un proceso. Al diagramar el flujo de un proceso o sistema se entiende mejor. La elaboración de diagramas de flujo es muy útil en las primeras etapas de la resolución de problemas porque los diagramas permiten a quienes estudian el proceso entender rápidamente lo que implica un proceso desde el principio hasta el final. Los miembros de un equipo de resolución de problemas pueden ver con claridad para lo que sirve un producto o lo que ofrece un servicio en las diversas etapas de un proceso. Los diagramas de flujo de un proceso aclaran las rutinas que se realizan para dar servicio a los clientes. A través de un diagrama de flujo es fácil identificar las actividades de un proceso que causan problemas o que no agregan valor.

La construcción de un diagrama de flujo es bastante sencilla. Los pasos para elaborar estos diagramas son los siguientes:

1. Definir los límites del proceso. Para los fines del diagrama, determinar dónde empieza y termina el proceso.
2. Definir los pasos del proceso. Usar la técnica de lluvia de ideas para identificar los pasos de procesos nuevos. En el caso de los procesos existentes, observarlos en funcionamiento.
3. Clasificar los pasos en el orden en que ocurren en el proceso.
4. Colocar los pasos en los símbolos apropiados del diagrama de flujo y elaborar el diagrama.
5. Revisar que los pasos sean completos, sean eficientes y que estén libres de problemas como actividades que no agregan valor. (Summers, 2006)

Los diagramas de flujo se pueden elaborar con símbolos similares a los que se muestran en la figura 4.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

El diagrama de flujo pondrá de manifiesto factores como tráfico cruzado, retrocesos y distancia recorrida.

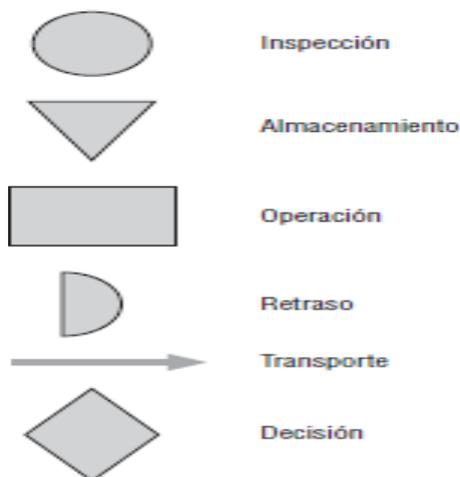


Figura 4: Símbolos para realizar diagramas de flujo
Fuente: D. Summers.

2.2.1.1 Tráfico cruzado

El tráfico cruzado ocurre donde las líneas de flujo se cruzan. Es indeseable y una mejor distribución tendrá pocas trayectorias que se intersequen. Cualquier cruce de tráfico es un problema, debido a las complicaciones de congestión y seguridad que provoca. La mayor parte del tráfico cruzado se elimina con la colocación apropiada del equipo, los servicios y los departamentos. (Meyers, 2006)

2.2.1.2 Retrocesos

El retroceso es el movimiento hacia atrás del material en la planta. Los materiales deberían moverse siempre hacia el extremo de envíos de la planta. Si se mueve hacia la recepción, va hacia atrás. El retroceso cuesta el triple que el flujo correcto. (Meyers, 2006)

2.2.1.3 Distancia recorrida

Recorrer distancia cuesta dinero. Entre menor distancia de viaje haya, mejor. El diagrama de flujo se desarrolla sobre una distribución, y es fácil darle una escala para calcular la distancia de recorrido. Con el reacomodo de máquinas o departamentos es posible disminuir las distancias de viaje.

Debido a que los diagramas de flujo se crean en distribuciones de planta, no se usa una forma estándar y hay pocas convenciones que restringen al diseñador. El objetivo es poner de manifiesto todas las distancias que recorre una parte y encontrar maneras de reducir el total. (Meyers, 2006)

2.4.2. Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica para clasificar las causas de un problema desde la más significativa hasta la menos significativa. Bautizados con el nombre de Wilfredo Pareto, los diagramas de Pareto son representaciones gráficas de la regla 80-20. Establece que el 80 por ciento de la actividad (problemas y oportunidades) proviene del 20 por ciento de las causas.

Los diagramas de Pareto constituyen una útil herramienta para el análisis de problemas. Los problemas se acomodan de acuerdo con su importancia relativa en forma de gráfica de barras. Aunque el reparto no siempre es 80-20, el diagrama es un método visual para identificar cuáles problemas son más significativos. Los diagramas de Pareto permiten a los usuarios separar los pocos problemas vitales de los muchos que son triviales.

Un diagrama de Pareto se elabora con los siguientes pasos:

1. Seleccionar el objeto para el diagrama, por ejemplo, una línea de producto específica que presente problemas, o un departamento o un proceso.
2. Determinar qué datos necesitan recopilarse. Determinar si van a registrarse cifras, porcentajes o costos. Determinar cuáles no conformidades o defectos se van a registrar.
3. Recopilar los datos relacionados con el problema de calidad. Asegurarse de que se establezca el periodo durante el cual se recopilarán los datos.
4. Utilizar una hoja de verificación para recopilar datos. Registrar las veces que se presentan los eventos de cada categoría. Las categorías deben ser de los tipos de defectos o no conformidades.
5. Determinar el número total de no conformidades y calcular el porcentaje del total en cada categoría.
6. Seleccionar las escalas del diagrama. Por lo general, en la escala del eje y va el número de ocurrencias, el número de defectos, la pérdida monetaria por categoría o el porcentaje. Mientras tanto, en el eje x se muestran las categorías de no conformidades, defectos o elementos de interés. Un ejemplo de esto se presenta en la figura 5.
7. Dibujar un diagrama de Pareto organizando los datos de la categoría más grande a la más pequeña. Incluir en el diagrama toda la información relevante.
8. Analizar el diagrama o diagramas. Las barras más grandes representan los pocos problemas importantes. Si pareciera no haber uno o dos problemas mayores, revise las categorías para determinar si es necesario otro análisis. (Summers, 2006)

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

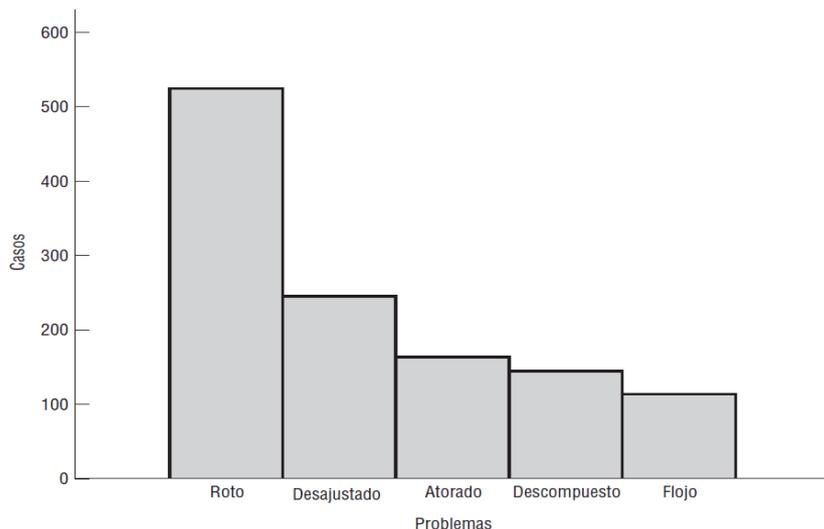


Figura 5: Diagrama de Pareto de un caso ejemplo.
Fuente: D. Summers.

2.4.3. Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de causa y efecto también se conoce como diagrama de Ishikawa por Kaoru Ishikawa, quien lo desarrolló, y como diagrama de pescado porque el diagrama terminado se parece al esqueleto de un pez. Un diagrama de este tipo puede ayudar a identificar causas de no conformidad o productos o servicios defectuosos. Los diagramas de causa y efecto se pueden utilizar junto con diagramas de flujo y diagramas de Pareto para identificar la(s) causa(s) de un problema.

Los solucionadores de problemas sacan provecho de este diagrama pues les permite dividir un problema grande en partes más manejables. También sirve como representación visual para comprender los problemas y sus causas.

Para construir un diagrama de causa y efecto:

1. Identificar claramente el efecto o problema. Colocar de manera concisa, en un recuadro al final de la línea, el efecto o problema señalado.

2. Identificar las causas. Establecer un debate sobre las posibles causas del problema. Para conducir el debate, abordar sólo una posible área de causa a la vez. Por lo general, las áreas comunes son métodos, materiales, máquinas, gente, ambiente e información, aunque se pueden agregar otras áreas si es necesario. Bajo cada área principal, se deben anotar las subcausas relacionadas con la causa principal. La lluvia de ideas es el método más utilizado para identificar estas causas.

3. Elaborar el diagrama. Organizar las causas y subcausas en el formato del diagrama.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

4. Analizar el diagrama. En este punto es necesario identificar soluciones. También se deben tomar decisiones respecto a la rentabilidad y la viabilidad de la solución (Summers, 2006).

A continuación, en la figura 6, se presenta un ejemplo del diagrama Causa-Efecto.

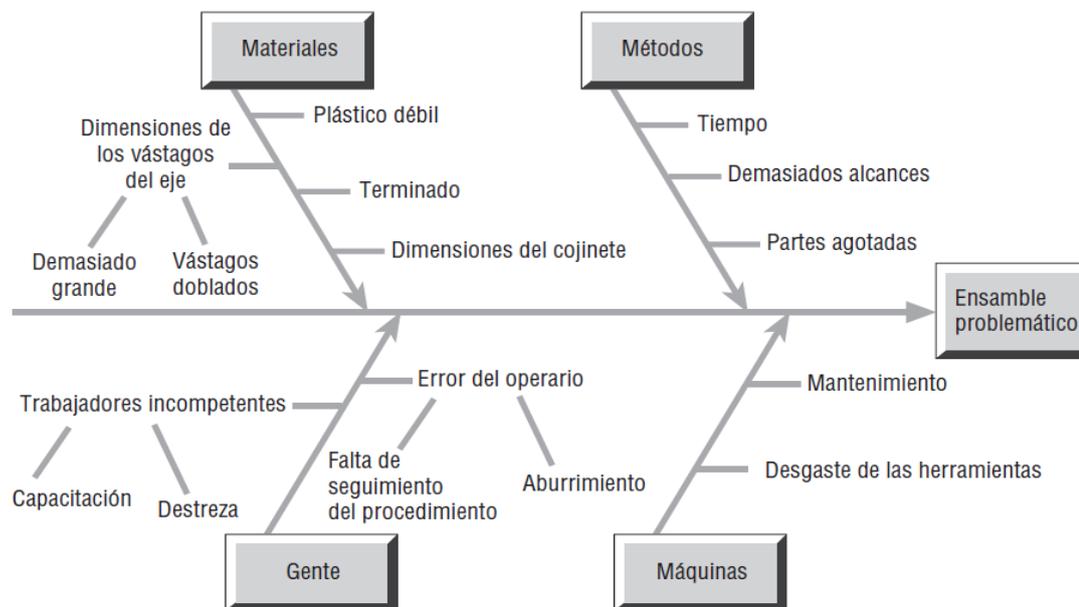


Figura 6: Diagrama de Causa-Efecto caso ejemplo.
Fuente: D. Summers.

2.5. Matriz de priorización

La matriz de priorización de problemas es una herramienta para seleccionar las distintas alternativas de soluciones, en base a la ponderación de opciones y aplicación de criterios.

Esta matriz permite determinar alternativas y los criterios que se deben tener en cuenta para tomar una decisión. Luego, establece prioridades entre diferentes alternativas y facilita la toma de decisiones.

Para realizar una matriz de priorización, antes se tiene que identificar las distintas alternativas y los criterios de decisión, con el objetivo de poner todo en común y decantarnos por la solución que mejor ponderación obtenga.

Los pasos para elaborar una matriz de priorización son los siguientes:

1. Identificar las diferentes opciones.
2. Elaborar los criterios de selección. Estos deben estar definidos en forma clara, de modo que no presente duda en ningún miembro del equipo.
3. Ponderar los criterios. En este paso se debe asignar un puntaje a las diferentes opciones en relación con cada criterio de selección establecido.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

- Finalmente, se debe sumar la multiplicación de cada puntaje, determinado en el paso anterior, por su peso y se obtiene así la calificación de la opción. De esta manera queda establecido cuales son las opciones prioritarias, siendo aquellas que mayor calificación obtuvieron.

Se presenta, a modo de ejemplo, un modelo de matriz de priorización representado en la tabla 1.

Opción	Criterio 1		Criterio 2		Criterio 3		Total
	Puntuación	Peso	Puntuación	Peso	Puntuación	Peso	
Opción 1							
Opción 2							
Opción 3							

Tabla 1: Modelo de matriz de priorización
Fuente: Elaboración propia.

2.6. Mapeo de procesos

Un mapa de procesos es una representación gráfica de la estructura de los procesos que forman el Sistema de Gestión de la calidad y de sus interrelaciones.

Ventajas de los Mapas de Procesos:

- Ayudan a hacer visible el trabajo
- Incrementan la comunicación entre los diferentes sectores y niveles de la organización
- Proveen referencias comunes
- Ayudan a la satisfacción del cliente al identificar acciones para reducir tiempos, defectos, costos, establecer indicadores de performance, reducir pasos sin valor e incrementar la productividad
- Ayudan a planificar recursos al conocer el trabajo.

Adicionalmente pueden utilizarse para:

- Orientar a nuevos empleados
- Evaluar alternativas de organización del trabajo
- Analizar y clarificar roles, relaciones y responsabilidades de departamentos
- Identificar oportunidades de mejora
- Evaluar y establecer puntos de medición

Cada organización debe establecer la manera más adecuada de realizar el mapeo en función de la complejidad de sus interrelaciones y de la forma de trabajo.

Uno de los modelos más utilizados distingue a los procesos en: Procesos Estratégicos, Operativos y de Soporte como se muestra en la figura 7.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme



Figura 7: Modelo de Mapeo de procesos

Fuente: Cátedra de Gestión de la Calidad, Facultad Ingeniería, UNMDP.

- **Procesos Estratégicos o Gestión:** son aquellos que proporcionan directrices a todos los demás procesos, apoyan o despliegan políticas y estrategias de la organización y son realizados generalmente por la dirección o por quién ella delegue.
- **Procesos Operativos:** son propiamente los de realización de productos o servicios, los que constituyen la cadena de valor añadido y que en su conjunto tienen como salida un producto o servicio que va al cliente externo.
- **Procesos de Soporte:** como su nombre lo indica prestan apoyo y recursos a los demás procesos de forma tal que cumplan sus objetivos.

2.7. Seguimiento y medición de los procesos

2.7.1. Indicadores y tablero de control operativo

El tablero de control operativo se encuentra entre los mecanismos utilizados para llevar a cabo el seguimiento y medición de los procesos de determinado sector o área de la organización. Según Kaplan y Norton (2000), los tableros de control son herramientas de gestión que empleadas adecuadamente representan:

- **Un sistema para medir:** Agrupa un conjunto de indicadores cuyo seguimiento periódico permitirá contar con un mayor conocimiento de la situación de la organización.
- **Un sistema de gestión:** Busca integrar los objetivos y estrategias a través de un conjunto de indicadores claves, que permitan comparar los resultados obtenidos con los objetivos propuestos, ayudando a la toma oportuna de decisiones.
- **Una herramienta de comunicación:** Bien diseñado describe los objetivos y estrategias, y permite comunicarlos dentro y fuera de la organización.

Para su elaboración es necesario:

1. Definir inicialmente qué aspectos o actividades de los procesos se esperan medir.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

2. Definir indicadores que faciliten el monitoreo y que proporcionen información relevante para la toma de decisiones. Además, deben ser lógicos, factibles y fáciles de medir e interpretar.

3. Establecer valores meta para los indicadores, en base al desempeño actual y al que se quiere alcanzar.

4. Establecer parámetros de alarma en forma de límite inferior y superior del indicador. El modelo más común para evidenciarlos es el de semaforización (utilizando los colores rojo, amarillo y verde) según sea la magnitud del desvío.

5. Definir la frecuencia en la que se realiza una nueva medición de cada indicador.

6. Establecer un responsable para medir cada uno de los indicadores y un responsable de monitorear el tablero.

7. Volcar esta información en un tablero con un formato que permita evidenciar fácilmente la situación del desempeño real de los procesos e identificar qué cuestiones se deben atender con mayor prioridad.

8. Mantener el tablero actualizado.

Por último, para que el tablero cumpla su finalidad se debe realizar un análisis posterior que permita definir cuál es el curso de acción a seguir para cada aspecto medido, siendo las opciones:

- “No hacer nada”: Sólo si se considera que la desviación entre la medición y la meta es insignificante.

- Localizar y actuar sobre la fuente o causa de la desviación para corregir el desempeño actual.

- Revisar la meta y/o los parámetros de alarma. En algunos casos, los estándares planteados no son realistas y se debe analizar su adecuación.

2.7.2. Perspectivas del tablero de control

El Cuadro de Mando Integral (tablero de control) transforma la misión y la estrategia en objetivos e indicadores organizados en cuatro perspectivas diferentes: finanzas, clientes, procesos internos y aprendizaje y crecimiento.

El tablero de control retiene la perspectiva financiera, ya que los indicadores financieros son valiosos para resumir las consecuencias económicas, fácilmente mensurables, de acciones que ya se han realizado. El indicador fundamental es la rentabilidad. Se relacionan con la rentabilidad, rápido incremento de las ventas o la generación de flujo de caja.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

La perspectiva del cliente identifica segmentos de clientes y de mercado, en los que competirá la unidad de negocios, y las medidas de la actuación de la unidad de negocios en esos segmentos seleccionados. Los indicadores fundamentales incluyen la satisfacción del cliente, la retención de clientes, la adquisición de nuevos clientes, la rentabilidad del cliente y la cuota de mercado en los segmentos seleccionados.

En la perspectiva del proceso interno, se identifican los procesos críticos internos en los que la organización debe ser excelente. Las medidas de los procesos internos se centran en los procesos internos que tendrán el mayor impacto en la satisfacción del cliente y en la consecución de los objetivos financieros de una organización.

La cuarta perspectiva, el aprendizaje y el crecimiento, identifica la infraestructura que la empresa debe construir para crear una mejora y crecimiento a largo plazo. La intensa competencia global exige que las empresas mejoren, continuamente, sus capacidades para entregar valor a sus clientes y accionistas. El aprendizaje y crecimiento de una organización proceden de tres fuentes principales: las personas, los sistemas y los procedimientos de la organización. Los indicadores incluyen satisfacción, retención, entrenamiento y habilidades de los empleados. (Kaplan y Norton, 2000)

2.8. Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de técnicas, medios y acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado, en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integrales.

Por lo tanto, la finalidad del mantenimiento es conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas y reducir los costos a su mínima expresión (Rey Sacristán, 2001).

2.8.1. Mantenimiento preventivo

El Mantenimiento Preventivo (o sistemático) consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre las instalaciones, maquinarias y equipos de producción antes de que se haya producido una falla, y su objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que presta.

Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio cíclico de piezas, conjuntos o reconstrucción-reparación de elementos de forma, asimismo sistemática (Rey Sacristán, 2001).

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3. DESARROLLO

3.1. Procesos de producción

Para entender todos los procesos involucrados en la organización se realiza un mapeo de procesos, representado en la figura I.1 del Anexo I.

Con la realización del mapeo de procesos se busca observar el funcionamiento de la empresa desde cada una de las etapas de los procesos que realiza, lo que facilita la posibilidad de trabajar en busca de mejoras.

Los procesos de gestión con los que cuenta la organización son la relación a largo plazo con los proveedores, calidad como herramienta estratégica y el compromiso de toda la organización. Este último aspecto se puede ver reflejado en la elevada antigüedad que poseen la mayoría de los operarios. Permitiendo así, desarrollar un importante grado de pertenencia, donde todos los trabajadores se sienten responsables de los resultados obtenidos por la empresa. También se ve reflejado en la satisfacción que tienen los clientes con la empresa según encuestas realizadas por la propia organización. En el año 2017 se obtuvo un 84,5% de clientes satisfechos en base a las respuestas recibidas superando su objetivo anual que era del 80%. Está representado en la figura I.1 del Anexo I.

En cuanto a los procesos operativos, la empresa desarrolla sus productos mediante tres procesos productivos: Microfusión, *Shell Moulding* y Fundición por molde o químico.

Como procesos de soporte a la producción se encuentran el área de comercialización, finanzas y recursos humanos.

3.2. Alcance del trabajo

Teniendo en cuenta que el 80% de la producción se realiza mediante el proceso de Microfusión, el alcance de este trabajo abarca este proceso operativo y sus actividades de soporte.

Según lo convenido con la empresa, se definieron ciertos condicionantes a tener en cuenta para realizar el análisis y la propuesta de mejoras. Esto se realizó para tener un contexto real en donde desenvolverse, que sea aplicable para la empresa. Los condicionantes son:

No se contratará personal adicional, pero podrán redefinirse las tareas y responsabilidades de cada puesto.

Dada la extensión que un análisis de este tipo conlleva en una empresa, se enfocará para este trabajo el análisis sobre el proceso Microfusión dejando para un futuro el abordaje de:

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

- Proceso de ventas.
- Proceso de Fundición por molde o químico.
- Proceso de Shell Moulding.
- Análisis de talleres externos.
- Servicio de post venta.
- Contabilidad.

3.3. Descripción del proceso de fabricación de piezas de acero por Microfusión

Como primer paso para realizar un análisis crítico del proceso se debe comprenderlo en forma clara y al detalle. Para analizar las distintas etapas que involucran el proceso se utiliza un diagrama de flujo representado en la figura 9. Para facilitar la comprensión del proceso de Microfusión se presenta la figura 8.



Figura 8: Etapas del proceso de producción por Microfusión
Fuente: Empresa.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

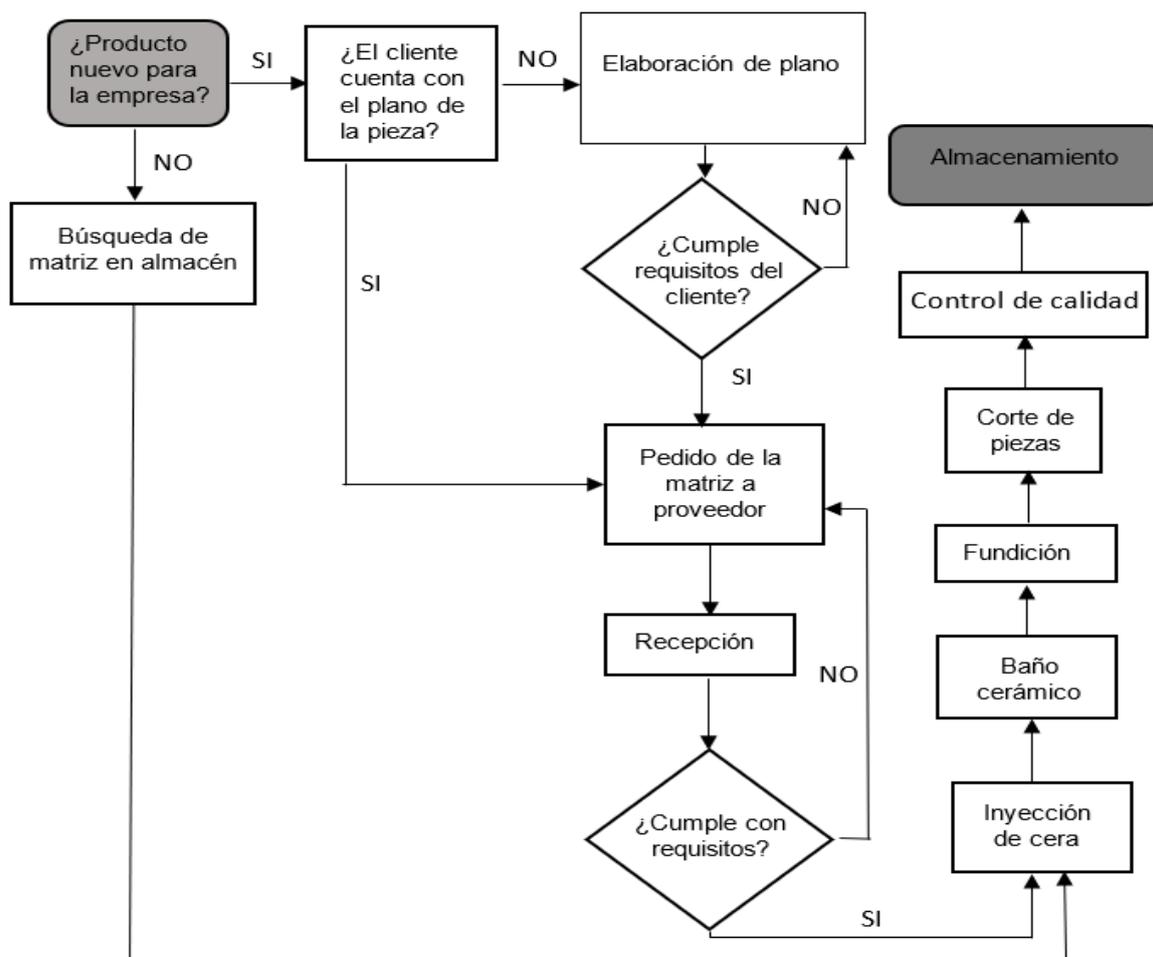


Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de Microfusión
Fuente: Elaboración propia.

El comienzo del proceso de fabricación de piezas de acero por Microfusión va a depender si el producto es nuevo para la empresa o no.

En caso de ser un producto nuevo pueden presentarse dos situaciones: que el cliente acuda a la empresa con el plano de la pieza ya realizado, o que el cliente defina las especificaciones de la pieza y el plano sea realizado en conjunto con la empresa.

Una vez obtenido el plano de la pieza, se procede a la construcción de la matriz de forma. La empresa trabaja en conjunto con un proveedor, que se encarga de la fabricación de las matrices. Una vez que llega la matriz a la empresa se corrobora que cumpla con los requerimientos. Si el resultado es negativo, se vuelve a contactar al proveedor para que realice las modificaciones necesarias.

En cambio, si es un producto que fue fabricado anteriormente, la empresa ya cuenta con la matriz de forma. Por lo tanto, ante la solicitud del cliente comienza el proceso de producción.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Una vez que se tiene la matriz de forma, el proceso de Microfusión comienza en el sector cera.

Las actividades están representadas en la figura 10.

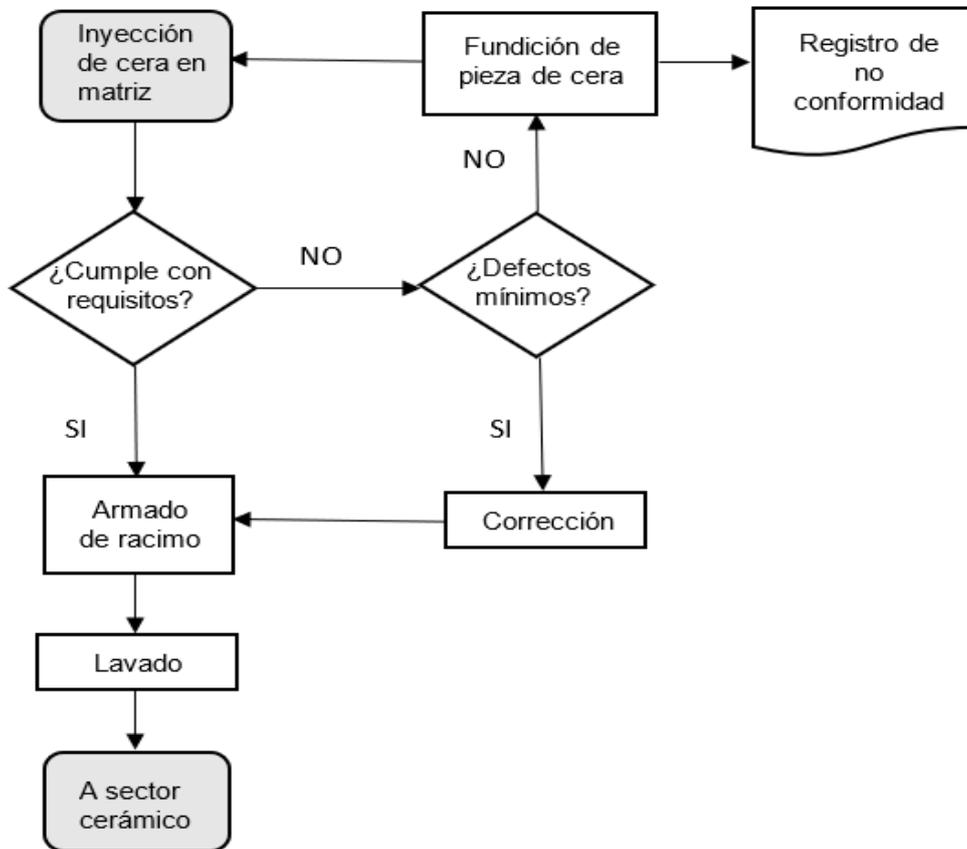


Figura 10: Diagrama de flujo del sector de cera
Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa se inyecta cera dentro de la matriz, según se puede ver en la figura 11, y como resultado se consigue la pieza deseada en cera. Puede darse la situación en que la pieza obtenida tenga desviaciones. En el caso de que la pieza presente algún defecto mínimo se corrige manualmente. Caso contrario la pieza se descarta, fundiéndose para ser nuevamente utilizada. Una vez realizada esta verificación, se procede a pegar con cera líquida las piezas al racimo, tal como puede verse en la figura 11.

Antes de abandonar este sector se realiza un lavado sobre el racimo para eliminar su grasitud.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme



Figura 11: Sector cera.
Fuente: Elaboración propia.

Luego, se traslada el racimo al sector cerámico. El proceso en esta área consiste en la fabricación de moldes y está representado en la figura 12.

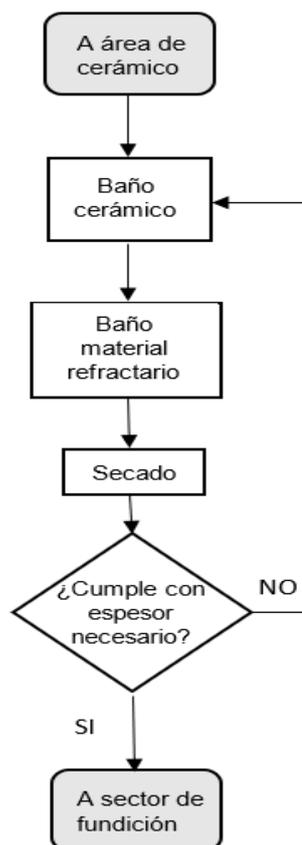


Figura 12: Diagrama de flujo del sector de cerámico.
Fuente: Elaboración propia.

En este sector se realizan sobre el racimo una serie de baños cerámicos de distinta granulometría, y a su vez se adiciona material refractario. Estas operaciones pueden verse en la figura 13.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Luego se deja secar. Esta secuencia se repite hasta obtener el espesor necesario. Al comienzo, se realiza un baño fino en el cual se copian los detalles superficiales. Luego, aumentando el tamaño de grano, se logra una buena resistencia al choque térmico que podría ocurrir al introducir el acero fundido al racimo. Además, esto determina la permeabilidad del molde cerámico, la cual es una variable crítica del proceso ya que permite evacuar el aire dentro del racimo al momento de colada del acero.



Figura 13: Sector cerámico.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se traslada el racimo de piezas recubierto en material cerámico hasta el sector de fundición. Las actividades están representadas en la figura 14.

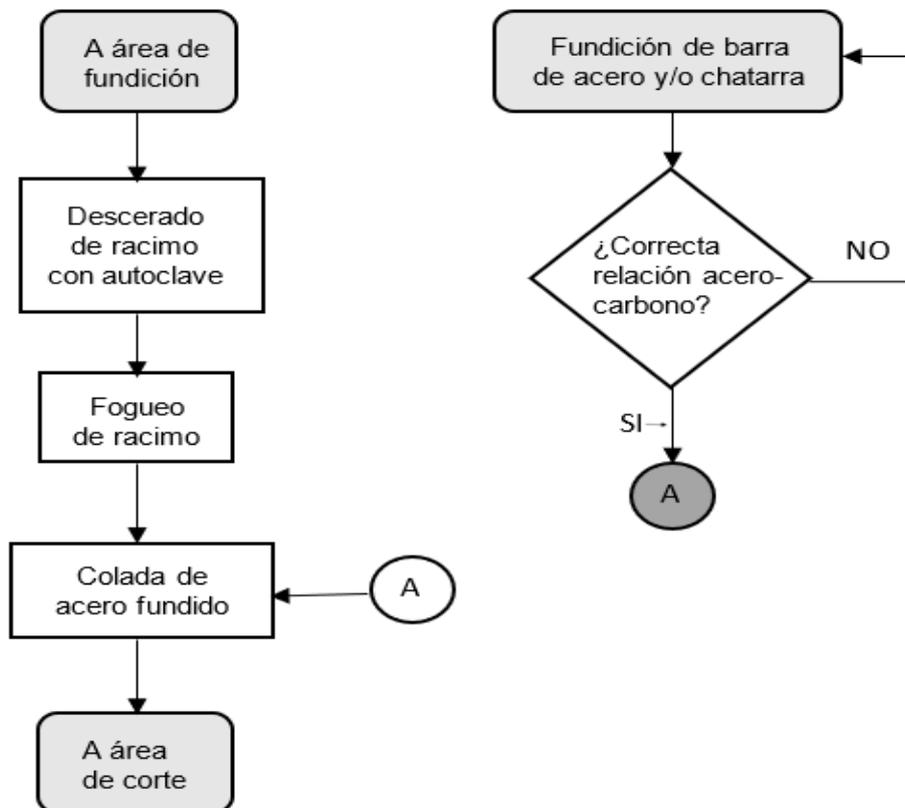


Figura 14: Diagrama de flujo del sector de fundición.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Como primer paso, se introduce el racimo a una máquina autoclave que, por medio de vapor y temperatura, tiene como único objetivo derretir la cera quedando solo el revestimiento de cerámica conformando la “cáscara” de la pieza. Hay que tener en cuenta que el tiempo de permanencia del racimo dentro del autoclave es esencial, ya que si no se deja el tiempo suficiente quedan restos de cera en el interior. Como consecuencia, al momento de colar el acero pueden producirse poros e imperfecciones en la pieza.

Una vez retirado el racimo del autoclave, se introduce en un horno de fogeo con el objetivo de elevar su temperatura para prevenir el choque térmico que puede ocurrir al realizar la colada del acero. Al mismo tiempo, se funden barras de acero en un horno a inducción magnética a una temperatura de aproximadamente 1620°C. Esta operación es la que mayor riesgo tiene para los operarios, debido a los cuidados requeridos por el equipo. En el anexo III se presentan algunos aspectos a tener en cuenta para mantener la seguridad del horno. Antes de realizar el vertimiento del acero dentro del racimo, se debe asegurar que la composición del acero cumpla con los requisitos establecidos por el cliente. La verificación se realiza mediante un equipo de control espectrométrico de aleaciones, el cual puede analizar metales y determinar los principales elementos que definen su composición. Este control permite emitir los correspondientes certificados de colada de acuerdo a los estándares requeridos por los clientes. Luego, se procede al vertimiento del acero dentro del racimo. Estas actividades pueden verse representadas en la figura 15.



Figura 15: Sector fundición.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se deja enfriar el racimo por un periodo de 10 min. y a continuación se traslada al sector de corte. Las actividades de este sector están representadas en la figura 16.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

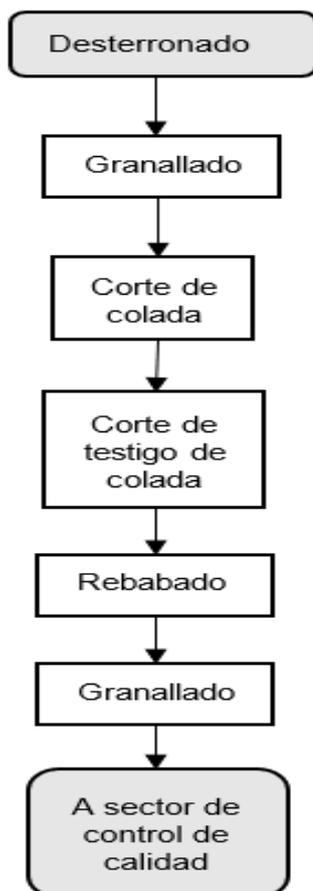


Figura 16: Diagrama de flujo del sector corte.
Fuente: Elaboración propia.

Primero se deja el tiempo necesario para que se produzca el enfriamiento final. Luego se realiza el desterronado. Este proceso consiste en romper el molde cerámico por medio de un martillo neumático y vibraciones, logrando así separarlo de la pieza que queda conformada íntegramente por la aleación de acero. Además, se realiza el granallado, que consiste en un tratamiento de limpieza superficial por impacto con el cual se logra un mejor acabado superficial.

Paso siguiente, se producen dos cortes. El primero se realiza mediante una amoladora de banco donde se separa la colada, que es la parte que enlaza la pieza al racimo, quedando así cada pieza en forma individual. El segundo se lleva a cabo con una cortadora sensitiva, en el cual se realiza un corte de mayor precisión a cada pieza. Como resultado, queda un “testigo de colada” que se elimina por medio de bandas abrasivas. Posteriormente, se vuelve a realizar un segundo granallado sobre las piezas.

Como última etapa del proceso, las piezas se trasladan al sector de control de calidad final. Las actividades están representadas en la figura 17.

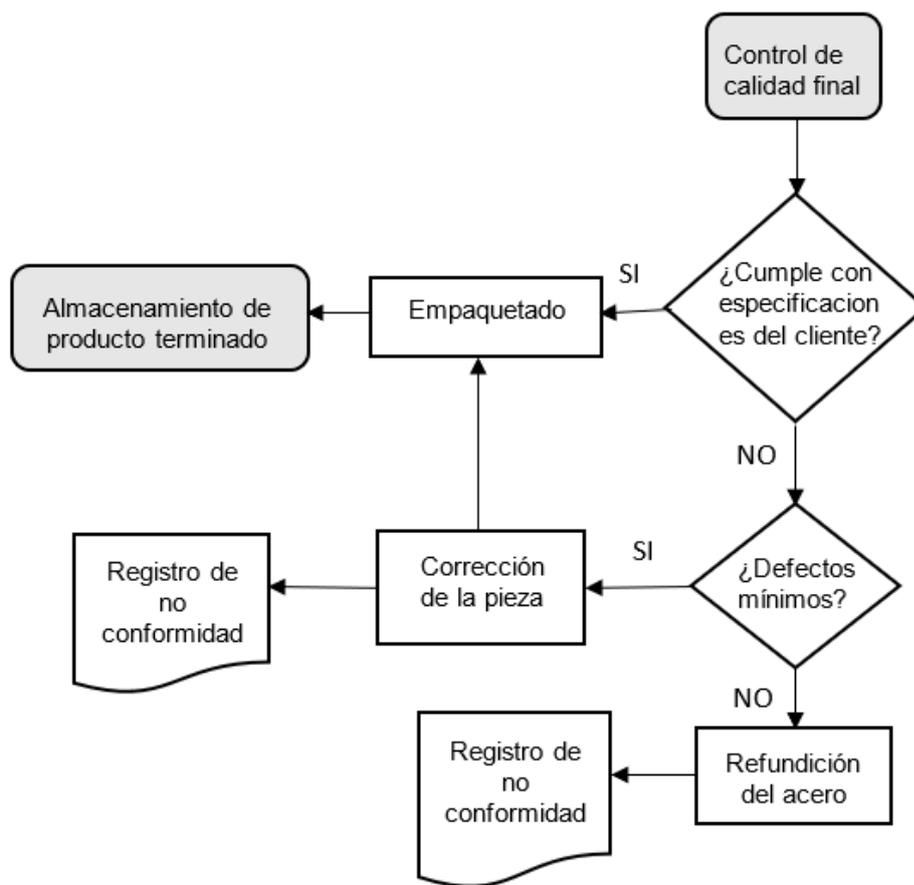


Figura 17: Diagrama de flujo del sector de control de calidad final.
Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente, se realiza una inspección de la totalidad de los productos terminados utilizando calibres “pasa-no pasa”, lo que permite verificar que se cumplen con las medidas especificadas por el cliente. Conjuntamente, se realiza un control tridimensional de piezas. Este es un control más estricto que se realiza en forma aleatoria a algunas piezas dentro del lote, que permite obtener reportes con esquemas gráficos o en formato tabulado y así contrastarlos contra los valores nominales y sus tolerancias. En caso de superar satisfactoriamente los controles se procede al empaquetado de la pieza. De lo contrario, la pieza de acero se vuelve a fundir para ser usada como materia prima.

3.3.1. Estrategia producto-proceso

Como característica distintiva de la organización, esta no tiene una cartera fija de productos, sino que brinda el servicio de Microfusión según la demanda de los clientes. Si bien la fábrica realiza productos muy diferentes, todos consisten en piezas hechas de acero. Es por ello que las etapas de la producción son siempre las mismas, produciéndose un flujo en línea.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

En cuanto a los productos, los volúmenes van de bajos a moderados dependiendo del cliente. Se toma la orden del cliente y se procede a la fabricación. Por lo tanto, se está en presencia de un proceso de producción por lotes.

Por lo tanto, el proceso de Microfusión puede ser ubicado en la matriz de producto-proceso (figura 18) según el proceso de producción por lotes y estrategia de flujo en línea. Por lo tanto, se ubica en las cercanías de la diagonal.

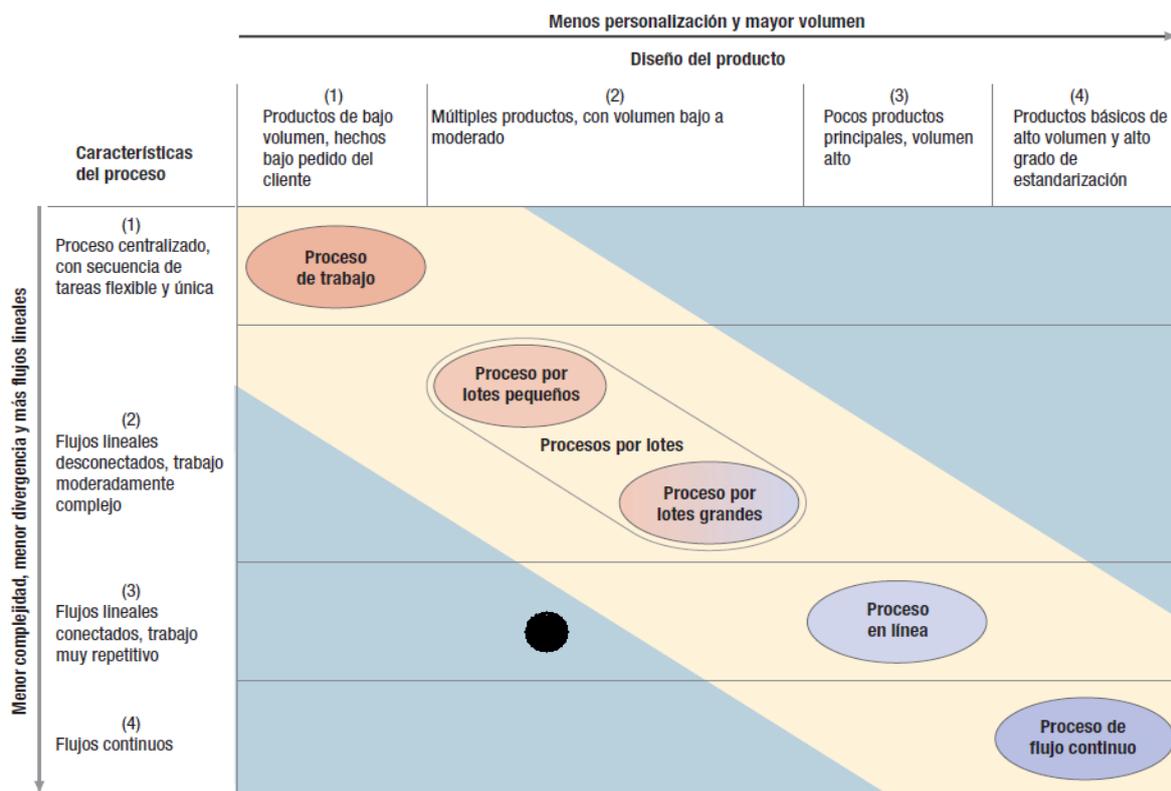


Figura 18. Ubicación de la empresa en la matriz de producto-proceso.
Fuente: L. Krajewski.

3.3.2. Diseño de productos

La estrategia de introducción de nuevos productos es de naturaleza interfuncional. Se fundamenta a partir de que la organización busca satisfacer las necesidades del cliente aprovechando sus ventajas tecnológicas en materia de producción de piezas de acero por el proceso de Microfusión. Para esto, el área de comercialización está constantemente en contacto con los clientes actuales para conocer sus requisitos en torno a nuevos productos y en el caso de buscar nuevos clientes, asiste a ferias comerciales. Una vez recolectada la información, se comunica con el área de producción para analizar la factibilidad de poder realizarlo.

Cabe destacar que todo el proceso de desarrollo de producto (generación de ideas, selección del producto, diseño preliminar, construcción del prototipo, pruebas y diseño

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

definitivo del producto) no es llevado a cabo por la empresa. El cliente acude a la organización con el producto final que necesita y se analiza la posibilidad de producirlo.

3.4. Descripción de la situación actual

3.4.1. Distribución en planta

El diseño o distribución de plantas es de vital importancia ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costes.

La distribución actual de la planta se puede ver en la figura 19.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

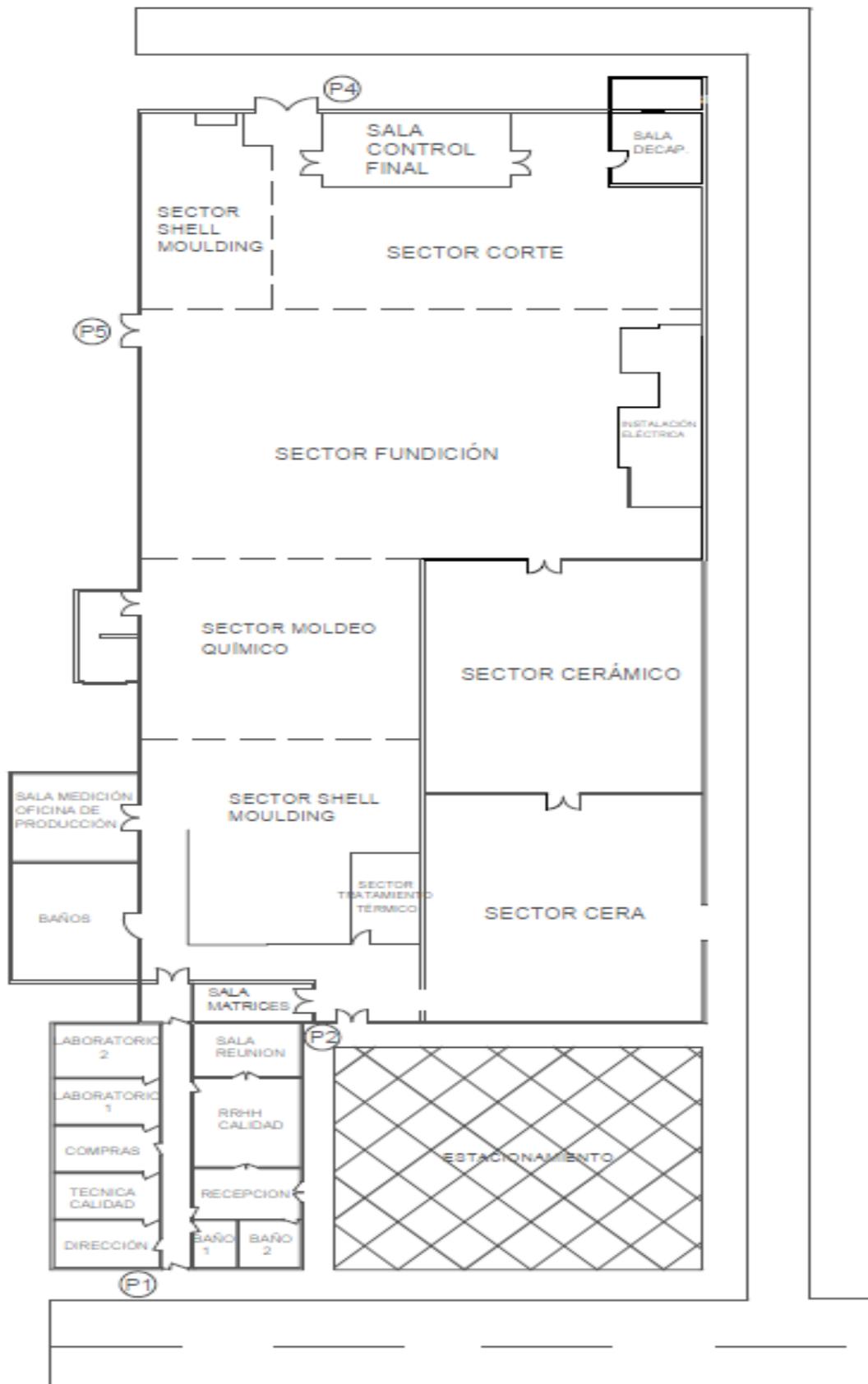


Figura 19: Distribución en planta (actual).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

En total abarca un área de 1815 m^2 , distribuida de la siguiente forma: el área de producción constituye un total de 1620 m^2 y el total del área comprendida por administración, compras, finanzas, calidad y RRHH un total de 195 m^2 . A su vez, el área destinada a los procesos productivos se divide en: el proceso por Moldeo Químico 157 m^2 , el de *Shell Moulding* 255 m^2 y el área restante de 1208 m^2 corresponde al proceso por Microfusión. Esta última está compuesta por: la sala de matrices de 15 m^2 , sector cera de 210 m^2 , sector cerámico de 210 m^2 , sector de fundición 435 m^2 , sector de corte 260 m^2 y, por último, el sector de control final de calidad de 44 m^2 .

Estas medidas se obtuvieron directamente del plano de la empresa en formato *AutoCAD*², teniendo en cuenta que estaba en tamaño real.

3.4.2. Descripción de recepción y distribución de materias primas

El proceso de recepción de materia prima, para los sectores de fundición y cerámico, comienza con la descarga del camión en la parte exterior trasera de la planta señalizada con la referencia "P4" en la figura 19 (distribución actual de la planta). Luego, las materias primas son trasladadas hacia el interior de la planta mediante una zorra manual hasta cada sector.

El área de cerámico cuenta con su propio almacén de materias primas. No obstante, el sector de fundición no posee un almacén para sus insumos, sino que quedan depositados en zonas aledañas al horno de inducción. Esto provoca desorden en el área, además de afectar la seguridad de los empleados y dificultar la capacidad de gestionar su control.

Por otro lado, el sector cera tiene una puerta que comunica al exterior lo que le permite recibir sus insumos directamente allí. De esta forma, se evita el recorrido de la materia prima a través de la planta.

3.4.3. Descripción del recorrido de productos terminados

Una vez superado el control final de calidad, los productos terminados se almacenan en anaqueles ubicados en este sector. Esto se debe a que el sector de control de calidad final y almacén de productos terminados comparten la misma área.

Los productos terminados son cargados al camión por la puerta trasera de la planta señalizada con la referencia "P4" en la figura 19 (distribución actual de la planta).

² AutoCAD: software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.4.4. Análisis del flujo de la planta

El análisis del flujo es el corazón de la distribución de la planta y el comienzo del plan de manejo de materiales. Se considera que la descripción exhaustiva de los métodos de trabajo es el primer paso para encontrar desperdicios y oportunidades de mejora. Para este análisis, se utilizaron cursogramas analíticos y diagramas de recorridos. Todo el relevamiento se realizó en base a la observación directa del trabajo de los operarios.

Para facilitar la visualización se realizan según sector en que se divide el proceso. Las referencias en estos sectores se presentan en la Tabla 2.

Nro.	Descripción	Nro.	Descripción
1	Estantería de matrices.	15	Cuchara para colado de metal.
2	Mesa de apoyo.	16	Quemador calentamiento de cuchara.
3	Mantenedor de cera.	17	Acopio de materias primas.
4	Inyectora.	18	Zona de colada.
5	Mesa de pegado.	19	Capacho material de retorno.
6	Batea de lavado.	20	Desterronado.
7	Tolva de preparación de cera.	21	Granalladora.
8	Almacén de cera.	22	Amoladora de banco.
9	Batea de material cerámico.	23	Cortadora sensitiva.
10	Mesa de apoyo.	24	Piedra esmeril.
11	Batea de Jalea	25	Bandas abrasivas.
12	Máquina de material refractario.	26	Soldadora eléctrica.
13	Tótem.	27	Mesa de inspección.
14	Hornos de fogueo.	28	Anaqueles de producto terminado.

Tabla 2: Referencias para los diagramas de recorrido.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de recorrido de los sectores cera y cerámico está representado en la figura 20. Para la realización se tuvo en cuenta que, si bien en el sector cera se pueden apreciar cinco inyectoras, en cada uno de los puestos de trabajo se realizan las mismas actividades. Por lo tanto, para determinar la distancia recorrida se determinó un promedio, teniendo en cuenta las distancias que implicaría cada puesto de trabajo.

Con respecto al sector de cerámico, la cantidad de baños que se deben realizar al racimo dependen de las características de las piezas. Teniendo en cuenta la variabilidad que presentan, se consideró la situación más habitual que es la de cuatro baños por racimo.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

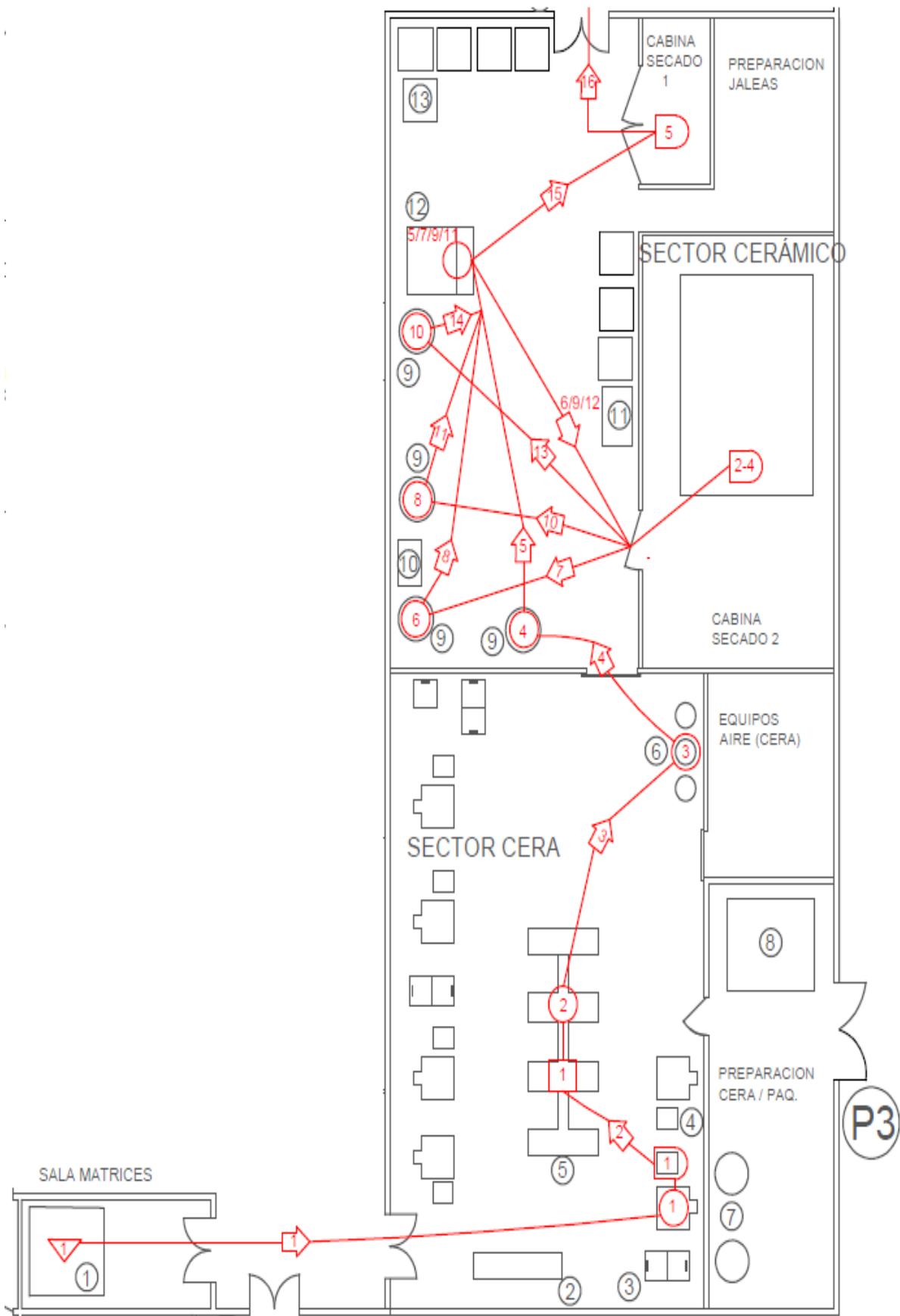


Figura 20: Diagrama de recorrido en los sectores de cera y de cerámico (actual).

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

El diagrama de recorrido de los sectores fundición, corte y sala de control final está representado en la figura 21. Se tuvo en cuenta que la etapa del proceso que implica la fundición del acero se realiza de manera paralela. Por lo tanto, cuando se lleva el racimo al área de colada, el acero ya está en las condiciones necesarias para su utilización.

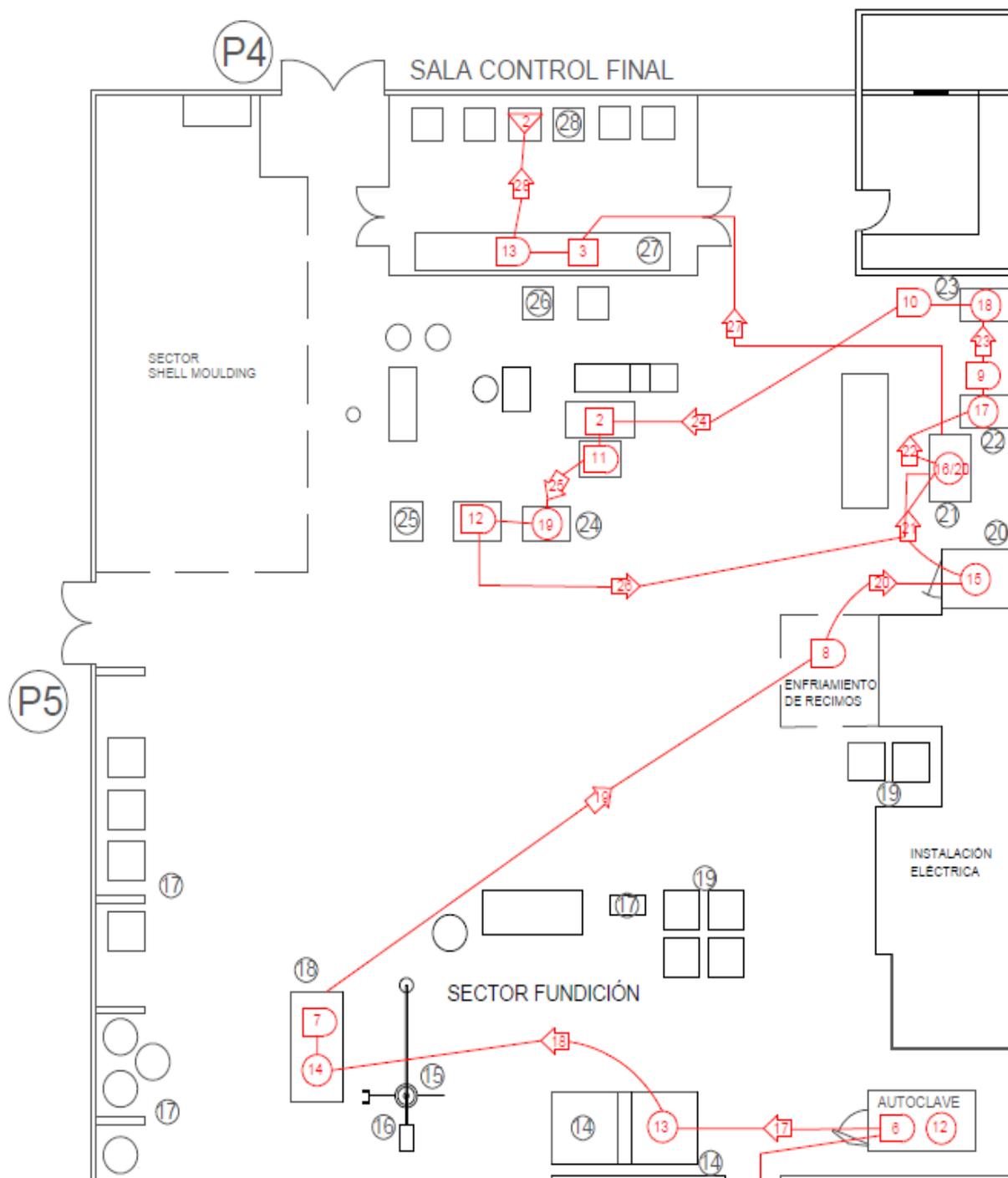


Figura 21: Diagrama de recorrido de los sectores de fundición, corte y control final (actual).

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Teniendo en cuenta la descripción del proceso y los diagramas de recorrido realizados, se procedió a elaborar los cursogramas analíticos de cada sector. Se encuentran representados en las figuras 22 a 25.

Para determinar la distancia de cada uno de los transportes se midió directamente del plano realizado en *AutoCAD*.

Cursograma analítico	Resumen						Observaciones
	Actividad					Actual	
Actividad: Cera	Operación	○					3
	Transporte	⇨					3
	Inspección	□					1
	Espera	D					1
	Almacenamiento	▽					1
	Distancia (m.)						26,0
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Almacén de matriz							
Transportar la matriz desde el almacén hasta la inyectora	17,0						Manualmente
Inyección de cera							
Acumulación de piezas							En canasta
Transportar piezas a mesa de pegado	3,2						Manualmente, en canasta
Inspección visual de piezas de cera							
Pegado de piezas al racimo							
Transporte de racimo al sector de lavado	5,8						Mediante angarilla
Lavado de racimo							

Figura 22: Cursograma analítico del sector cera (actual).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen						
	Actividad					Actual	
	Operación	○				3	
Actividad: Fundición	Transporte	⇨				4	
	Inspección	□				0	
	Espera	D				3	
	Almacenamiento	▽				0	
	Distancia (m.)					40,2	
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Transporte de racimo al autoclave	9,5				●		
Acumular la cantidad de racimos necesarios para completar autoclave				●			Depende del tamaño de las piezas
Operación de autoclave		●					
Transporte de racimos hasta el horno de fogueo	5,0				●		En zorra mecánica
Introducir racimos en horno de fogueo		●					
Transporte de racimos a área de colado	9,7				●		Con pinzas
Colada de acero		●					
Primer etapa de enfriamiento				●			10min.
Transporte a sector de enfriamiento	16,0				●		En zorra mecánica
Enfriamiento final del racimo				●			Tiempo en función del volúmen de las piezas

Figura 23: Cursograma analítico del sector fundición (actual).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen						
	Actividad				Actual		
Actividad: Cerámico	Operación	○				8	
	Transporte	⇨				12	
	Inspección	□				0	
	Espera	D				4	
	Almacenamiento	▽				0	
	Distancia (m.)				99,5		
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Transporte de racimo a batea de cerámico	4,7				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (1)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	8,2				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	11,5				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	9,7				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (2)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	8,0				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	11,5				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	9,4				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (3)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	5,3				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	11,5				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	11,1				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (4)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	2,5				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 1	6,1				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			

Figura 24: Cursograma analítico del sector cerámico (actual).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen						
	Actividad				Actual		
Actividad: Corte y control final	Operación	○				6	
	Transporte	⇨				9	
	Inspección	□				2	
	Espera	D				5	
	Almacenamiento	▽				1	
	Distancia (m.)				57,4		
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Transporte a desterronado	3,9				●		Manualmente
Desterronado		●					
Transporte a granalladora	3,2				●		Manualmente
Granallado		●					
Transporte a mesa de corte 1	2,5				●		Manual
Corte 1		●					Con amoladora de banco
Acumulación de piezas				●			Esperar a cortar todo el racimo
Transporte a mesa de corte 2	2,0				●		Manualmente, en canasta
Corte 2		●					Con cortadora sensitiva
Acumulación de piezas				●			Todas las piezas de la canasta
Transporte a mesa de rebabado	10,0				●		Manualmente, en canasta
Inspección			●				Inspección visual
Acumulación de piezas				●			Todas las piezas de la canasta
Transporte a máquina de rebabado	1,5				●		Manualmente, en canasta
Rebabado		●					Con banda abrasiva y/o piedra esmeril
Acumulación de piezas				●			Todas las piezas de la canasta
Transporte a granalladora	15,1				●		Manual, en canasta
Granallado final		●					
Transporte a sector de control final	16,7				●		Manualmente, en canasta
Inspección			●				Con calibre pasa - no pasa
Acumulación de piezas				●			Todas las piezas de la canasta
Transporte a anaquel	2,5				●		Manualmente, en caja
Almacenamiento						●	En anaqueles

Figura 25: Cursograma analítico del sector de corte y control final (actual).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Teniendo en cuenta los distintos cursogramas analíticos, el resultado final del proceso de Microfusión puede verse en la tabla 3:

Actividad	Cantidad
<i>Operación</i>	20
<i>Transporte</i>	28
<i>Espera</i>	13
<i>Inspección</i>	3
<i>Almacenamiento</i>	1
<i>Distancia (metros)</i>	223,1

Tabla 3: Resultados finales del proceso de Microfusión (actual).
Fuente: Elaboración propia.

3.4.5. Rechazos y retrabajos en el proceso productivo

Actualmente la empresa presenta distintos rechazos y retrabajos a lo largo de toda la línea de producción que provocan una importante disminución de la productividad. Las causas que generan los rechazos y los retrabajos son las mismas. Sin embargo, la diferencia entre ellos es que en los rechazos las piezas son descartadas y no se pueden recuperar. En cambio, en los retrabajos se puede corregir el error y la pieza sigue su curso en el proceso de producción. Debido a que ambos generan desperdicios para la organización, se analizan en forma conjunta.

Se considera un desperdicio a toda mala utilización de recursos y/o posibilidades de la empresa. Una empresa que no controla sus desperdicios y que no adopta medidas para prevenir o eliminar sus causas generara productos y servicios de mala calidad, con altos costos.

Los productos fallados surgen de la producción, la inspección solamente los descubre. Un producto fallado genera de siete a nueve veces más tiempo perdido. Algunas de las causas pueden ser:

- Énfasis en inspección al final del proceso.
- Ausencia de estándares para el trabajo de inspección.
- Omisión de los estándares de operación.
- Inadecuada manipulación de materiales y transporte.

Para lograr una solución a estos problemas es necesario detectar la causa raíz mediante la aplicación de las herramientas de la calidad.

Con el objetivo de determinar los distintos tipos de rechazos y de retrabajos que se pueden dar en el proceso productivo de Microfusión se concurrió a la organización para relevar sus operaciones. Se focalizó en las distintas áreas de la empresa y a través de estudios en

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

cada sector de producción se pudieron apreciar los distintos rechazos y retrabajos que se produjeron en cada una.

Los distintos motivos por los cuáles se producen los rechazos y retrabajos en el proceso productivo están representados en la tabla 4.

Nro.	Denominación
1	Daño por corte
2	Deformación
3	Falta de llenado
4	Filtraciones
5	Gases
6	Golpeadas
7	Hinchadas
8	Inclusiones
9	Otros
10	Poros
11	Rechupe

Tabla 4: Rechazos y retrabajos en el proceso de Microfusión.
Fuente: Elaboración propia.

Para poder enfocarse en las fuentes de problemas más significativas, se procede a realizar el análisis de Pareto.

A continuación, se presenta en la figura 26 los distintos retrabajos y rechazos de la empresa a partir de los datos históricos brindados desde enero hasta octubre del año 2018.

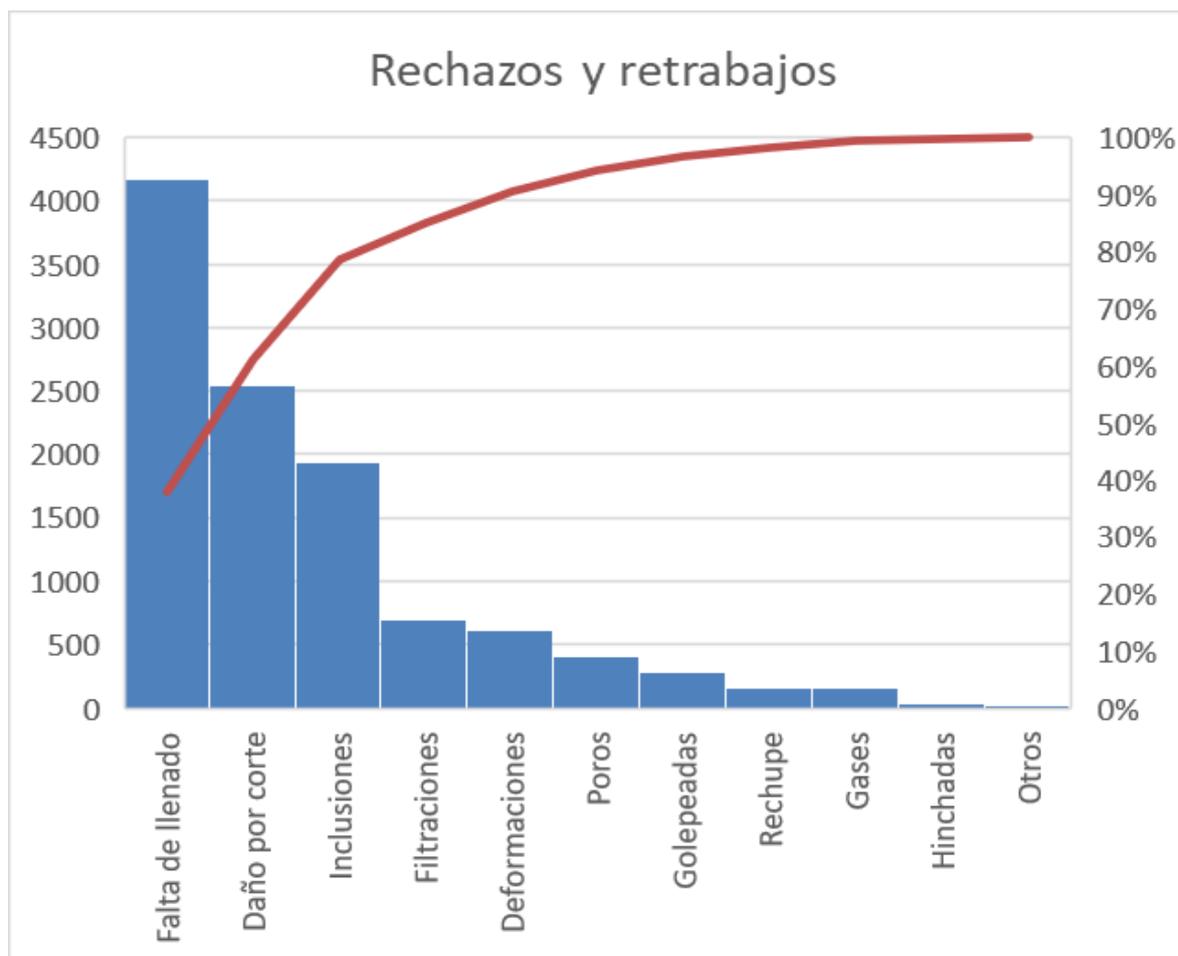


Figura 26: Análisis de Pareto de rechazos y retrabajos en Microfusión.
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

Podemos observar que el 78,58% de la cantidad total de rechazos y retrabajos en la planta se encuentran distribuidos entre el 27,7% de las fuentes de problemas (falta de llenado, daños por corte e inclusiones).

Este resultado se asemeja a la ley de Pareto del 80-20, la cual establece que aproximadamente el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. Por lo tanto, el análisis se centrará en estos tres eventos:

1. Falta de llenado: se produce cuando la pieza está incompleta, con bordes redondeados.
2. Daño por corte: la pieza se daña durante alguno de los cortes, ya sea en el corte de colada, de testigo de colada o en el rebabado.
3. Inclusiones: son cavidades irregulares en las piezas que posiblemente contengan restos de partículas refractarias y/o escorias.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.4.6. Puntos de control del proceso

Actualmente la empresa posee un registro para recolectar información del proceso productivo, representado en la figura 27. Es una planilla que se completa al final del proceso, en la sala de control final, en la cual se especifican el tipo de rechazo o retrabajo que ocurrió, junto con la siguiente información:

- Cantidad de rechazos y retrabajos realizados.
- Cantidad de piezas aceptadas luego de retrabajo.
- Tiempo dedicado al retrabajo.
- Piezas inspeccionadas.
- Tiempo dedicado a la inspección de piezas.
- Piezas salidas del sector cera.
- Piezas perdidas en el proceso.

INSPECCIÓN CONTROL FINAL		REG 8.5.1-04/04 Rev. 0 31/01/2019	
CI	1296		
Fecha	07/02/19		
NOMBRE DE PIEZA:		ALEACIÓN:	
CLIENTE:		ESTADO DE ENTREGA:	
Total salida de Cera:	260	Total de piezas Retrabajadas:	12
Total Controladas:	256	Total de piezas Rechazadas:	5
Total Aceptadas:	253	Observaciones:	
		Porcentaje Retrabajo:	4,650%
		Porcentaje Rechazo:	1,948%
		Genera NC:	—
		Genera NC:	—
PIEZAS RETRAJADAS			TOTAL
Metal Positivo			
Filtraciones			
Poros			
Cerámico	7		
Rechupe en la colada	5		
Otros			
TIEMPO EMPLEADO RETRAJO:	14		
PIEZAS RECHAZADAS			TOTAL
Gases			
Escofia			
Inclusiones			
Fisuras			
Cola Rata			
Filtraciones			
Falta de llenado	5		
Deformaciones			
Daño por corte			
Poros			
Golpeadas			
Otros			
TIEMPO TOTAL DE CONTROL	2:15		

Figura 27: Planilla de rechazos y retrabajos.
Fuente: Empresa

Mas allá de este registro, el modo de operación diario ante inconvenientes en el proceso es el siguiente: el jefe de producción recorre la planta y visualmente realiza un análisis de la situación del proceso productivo. Cuando observa que hay un inconveniente grande dentro de la planta recién, en ese momento, decide atacar dicho problema. Se puede decir que hay un método de corrección en vez de prevención. La definición de objetivos y el procesamiento de los datos del proceso podrían cambiar el enfoque hacia la prevención, atacando el problema en sus inicios y no una vez consumado.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Además, poseen registros de diferentes áreas y actividades, tales como el grado de satisfacción de clientes, cumplimiento de plazos de entrega, desviación en la cotización realizada y ausentismo.

3.5. Análisis crítico

3.5.1. Distribución en planta

De acuerdo a los diagramas de recorridos realizados se puede afirmar que, con respecto al sector Cera, el flujo es bastante lineal por lo que no se consideran realizar modificaciones en dicha área.

En cambio, en el sector Cerámico se observan flujos cruzados y retrocesos. Están dados por la presencia de una sola máquina de material refractario a la cual hay que acudir luego de cada baño cerámico. Se debe estudiar la distribución de este sector para buscar una forma que reduzca estos problemas, buscando además disminuir la distancia a recorrer. Sin embargo, dada la naturaleza del proceso es probable que se sigan produciendo retrocesos o flujos cruzados en este sector.

Por otro lado, en el sector de Fundición se puede ver que la materia prima ocupa mucho espacio ya que está dispersa en el piso de los sectores adyacentes a las maquinarias, no hay un sector específico para depositarla. Esto también dificulta el movimiento dentro de la planta. Además, se observa que los traslados desde el sector fundición al sector corte abarcan mucha distancia. Este punto se cree que se podría mejorar positivamente modificando la distribución actual de estos sectores en la planta.

Con respecto al sector Corte, al analizar el cursograma analítico se puede apreciar que la operación de granallado se repite dos veces: la primera después de la operación de desterronado y la segunda antes de pasar a la sala de control final. El motivo de realizar el primer granallado se debe a que piezas con formas complejas quedan con resto de material cerámico luego del desterronado. Sin embargo, recordemos que la función del granallado es realizar un tratamiento superficial para mejorar el acabado final de la pieza. En este caso, se está utilizando para suplir el mal funcionamiento de la operación de desterronado, ya que no deberían quedar restos de material cerámico. A su vez, la ubicación de la máquina granalladora al lado de la máquina de desterronado no favorece a tener un flujo lineal en el proceso y aumenta considerablemente la distancia a recorrer por la pieza.

Por último, en la sala de Control Final se afirma que las operaciones que la componen son las necesarias y la ubicación del sector favorece el flujo de la planta. Por lo tanto, no se considera proponer mejoras en esta área.

3.5.2. Rechazos y retrabajos

Con el fin de hallar la causa raíz de las tres fuentes de rechazos y retrabajos más importantes se realiza un Diagrama de Causa-Efecto para cada una.

3.5.2.1 Falta de llenado

A continuación, en la figura 28 se presenta el diagrama causa-efecto del problema “falta de llenado”. Para la construcción se dividió en cuatro categorías: maquinaria, personal, método de trabajo y material.

¿Cómo afecta la maquinaria? De acuerdo a este punto, se detectó que puede ocurrir que la colada de acero se realice con presencia de escoria. ¿Por qué? Se debe a que falla el sistema de atrapado de escoria. El sistema de atrapado de escoria está presente en la cuchara de colar acero el cual retiene la escoria al momento de colar el acero. Si este sistema falla producirá que la escoria, que está presente en la cuchara, caiga dentro del racimo.

¿Cómo afecta el personal? Se pueden producir descuidos del personal al colar el acero. ¿Por qué? Esta tarea requiere mucha experiencia del personal, ya que se realiza en forma manual. La falta de entrenamiento puede provocar que no se realice en forma continua o bien que la velocidad con la que se realice la colada no sea la adecuada.

¿Cómo afecta el método de trabajo? De diversas formas.

- A. Por un lado, se puede realizar la colada del acero de forma ineficiente. ¿Por qué? Debido a que se realiza la colada a velocidad incorrecta; la cantidad de acero es insuficiente para llenar el racimo debido a cálculos erróneos; o la altura de colada es incorrecta.
- B. No escapa el aire dentro del racimo durante la colada del acero. ¿Por qué? A medida que se va colando el acero, el aire dentro del racimo debe escaparse atravesando la capa de material cerámico. Por lo tanto, si al realizar el recubrimiento de material cerámico no se seleccionaron correctamente los tamaños de grano, el aire queda atrapado debido a la baja permeabilidad del molde cerámico.
- C. El diseño de racimo es incorrecto. ¿Por qué? El canal de colada es la unión entre el cuerpo del racimo con cada pieza. El tamaño de la sección contribuye a la dificultad o no del paso del acero, así como también el ángulo de ataque.

¿Cómo afecta la materia prima? La fluidez del acero es esencial para que pueda llegar a todas las partes del racimo. Se puede dar el caso de que este punto no se cumpla. ¿Por qué? La temperatura del acero es insuficiente; la composición química del acero no es la ideal; o la temperatura del racimo no es la necesaria. Este último viene dado por la temperatura incorrecta del horno de fogueo donde se coloca el racimo antes de colar el acero.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

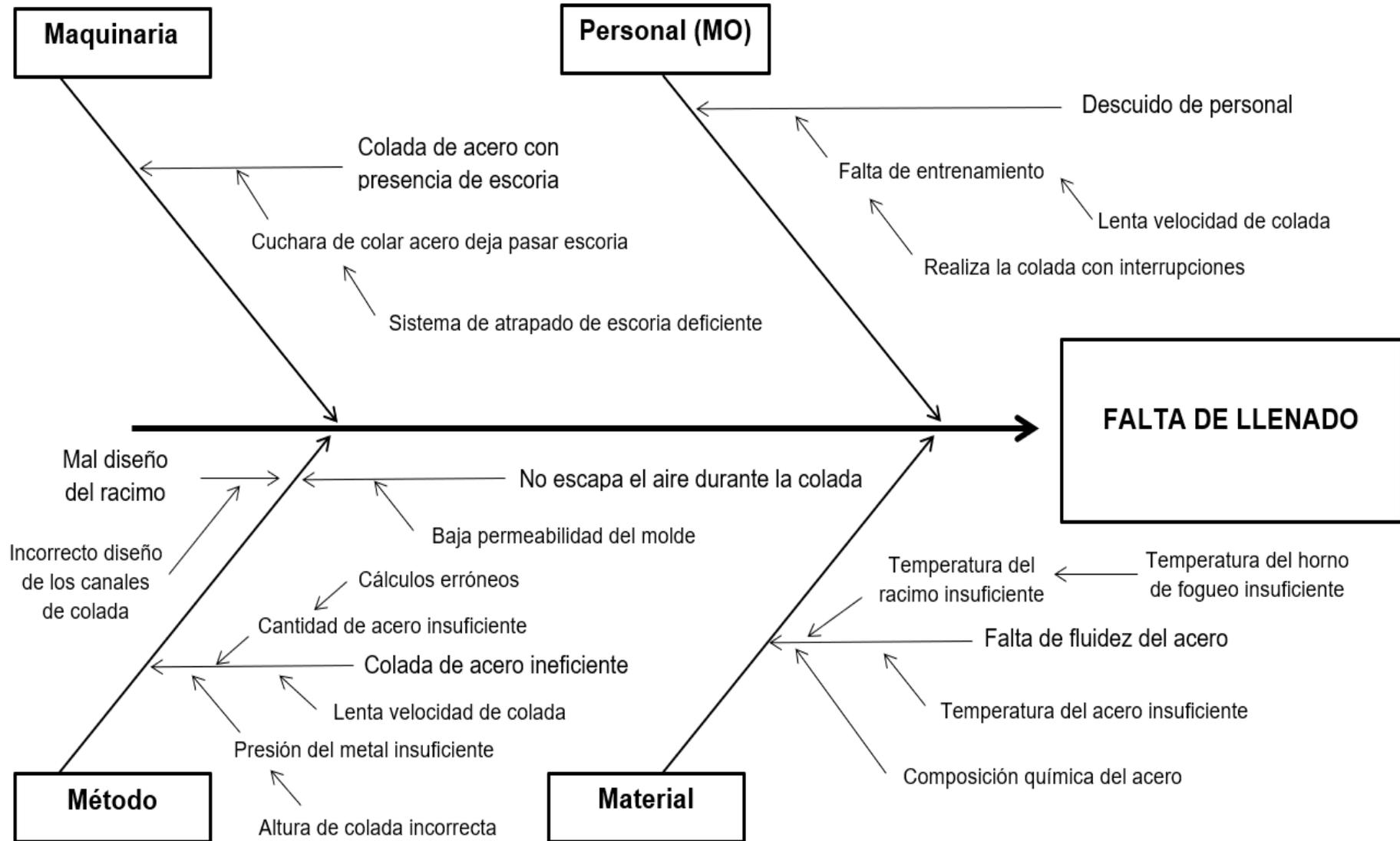


Figura 28: Diagrama de causa-efecto de falta de llenado.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Para detectar las causas principales de la falta de llenado se utiliza el método de evaluación y ponderación de causas. En la tabla 5 se presentan las distintas causas raíces, y en la tabla 6 los criterios de evaluación definidos.

Nro.	Descripción
1	Sistema de atrapado de escoria deficiente.
2	Baja permeabilidad del molde.
3	Incorrecto diseño de los canales de colada
4	Cálculos erróneos de acero a colar.
5	Lenta velocidad de colada.
6	Altura de colada incorrecta.
7	Temperatura del horno de fogueo insuficiente.
8	Temperatura del acero insuficiente.
9	Composición química del acero.

Tabla 5: Causas de falta de llenado.
Fuente: Elaboración propia.

Nro.	Criterio de evaluación	Peso
1	Impacto en el proceso	10
2	Frecuencia con la que ocurre	7

Tabla 6: Criterios de evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo del método para elegir la causa raíz más importante se presenta en la tabla 7.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Nro. de causa raíz	Criterio de evaluación				Total ($C_1 \cdot P_1 + C_2 \cdot P_2$)	Posición
	1. Impacto en el proceso		2. Frecuencia con la que ocurre			
	Calificación (C_1)	Peso (P_1)	Calificación (C_2)	Peso (P_2)		
1	4	10	7	7	89	9
2	6	10	5	7	95	7
3	8	10	7	7	129	1
4	10	10	1	7	107	4
5	7	10	6	7	112	2
6	6	10	6	7	102	6
7	8	10	4	7	108	3
8	9	10	2	7	104	5
9	8	10	2	7	94	8

Tabla 7: Matriz de priorización (falta de llenado)

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la causa raíz más importante a la cual atacar es:

- Incorrecto diseño de los canales de colada.

Actualmente, para diseñar el canal de colada, la empresa se basa en la experiencia y la habilidad de los operarios y el jefe de producción. Es un proceso muy complejo, en el cual se producen muchos errores. El proceso actual consiste en proponer distintos diseños de racimo y canales de colada, y se realiza el proceso de Microfusión en cada uno de ellos. Luego de la colada del acero se sabe si alguno de los diseños del racimo es correcto, o hay que volver a rediseñarlo. Esto genera pérdidas de material, esfuerzos duplicados y tiempo perdido.

3.5.2.2 Daño por corte

A continuación, en la figura 29 se presenta el diagrama de Causa-Efecto del problema “daño por corte”.

Para la construcción se dividió en cuatro categorías: maquinaria, personal, método de trabajo y entorno.

¿Cómo afecta la maquinaria? Puede darse la situación que los discos de la cortadora sensitiva y/o amoladora de banco, con los cuales se realizan los cortes de testigo de colada o corte de colada, estén desgastados. ¿Por qué? Esto puede ocurrir debido a que los discos no fueron cambiados a tiempo. ¿Por qué? Debido a la falta de un plan de mantenimiento donde se determine en qué momento los discos deben ser cambiados.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

También puede ocurrir que los discos se encuentren flojos. ¿Por qué? Debido a las excesivas vibraciones que se producen al realizar los diferentes cortes. Estas vibraciones son ocasionadas debido a restos de material cerámico en el racimo. ¿Por qué? Debido al mal funcionamiento de la máquina de desterronado quedan restos de material cerámico en el racimo.

¿Cómo afecta el personal? Se puede producir un manejo inapropiado de las piezas o del racimo. ¿Por qué? Hay dos opciones: se producen descuidos del personal donde no respetan el método de trabajo establecido, o bien debido a que la rotación de personal produce que personas que no está acostumbrada al puesto de trabajo realicen estas operaciones, produciendo daños.

¿Cómo afecta el método? Con respecto a este punto, los operarios pueden tener dificultad al realizar ambos cortes. ¿Por qué? Hay excesivas piezas en el paquete que reducen el lugar necesario para manipular el disco de corte. ¿Por qué? Se produjo un diseño erróneo del racimo.

¿Cómo afecta el entorno? Los operarios presentan incomodidad para realizar el corte. ¿Por qué? Debido a una sobrecarga de las mesas de corte, no disponen del lugar necesario para poder trabajar. Hay desorden en el lugar.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

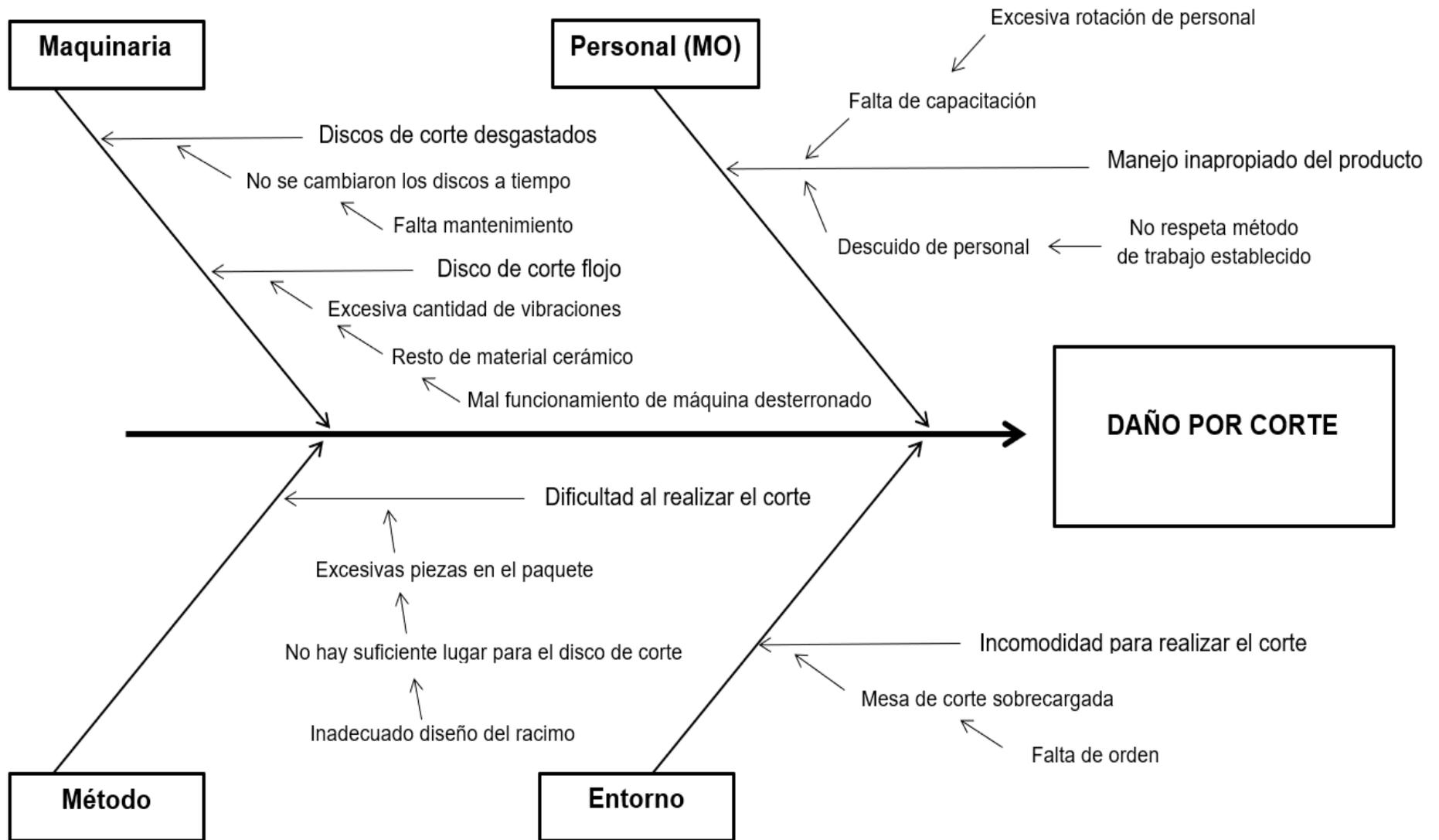


Figura 29: Diagrama causa-efecto de daño por corte.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Para detectar las causas principales del daño por corte se utiliza el método de evaluación y ponderación de causas. En la tabla 8 se presentan las distintas causas raíces, y en la tabla 6 los criterios de evaluación definidos.

Nro.	Descripción
1	No se cambiaron los discos a tiempo.
2	Mal funcionamiento de maquina desterronado.
3	Excesiva rotación de personal.
4	No respeta método de trabajo establecido.
5	Falta de orden.
6	Inadecuado diseño del racimo.

Tabla 8: Causas de daño por corte.
Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo del método para elegir la causa raíz más importante se presenta en la tabla 9.

Nro. de causa raíz	Criterio de evaluación				Total (C₁*P₁+C₂*P₂)	Posición
	1. Impacto en el proceso		2. Frecuencia con la que ocurre			
	Calificación (C₁)	Peso (P₁)	Calificación (C₂)	Peso (P₂)		
1	4	10	7	7	89	4
2	9	10	7	7	139	1
3	2	10	5	7	55	6
4	3	10	5	7	65	5
5	4	10	8	7	96	3
6	9	10	5	7	125	2

Tabla 9: Matriz de priorización (daño por corte).
Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la causa raíz más importante a la cual atacar es:

- Mal funcionamiento de la máquina desterronado.

Actualmente, la empresa efectúa el mantenimiento preventivo de las máquinas/equipos considerados como críticos para el proceso productivo. Se confecciona anualmente el "Plan y Registro de Mantenimiento Preventivo" para cada uno. Entre ellos están

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

el horno de inducción, las maquinas inyectoras de cera, las bateas de material cerámico y el autoclave.

En dicho registro queda establecido el calendario de mantenimiento individual para cada máquina/equipo, el cual es confeccionado consultando previamente los manuales correspondientes a fin de determinar las actividades a realizar, y la frecuencia requerida.

Esta planificación anual de mantenimiento preventivo se revisa periódicamente, para corroborar el grado de avance, verificar si las actividades programadas son realizadas y para los cambios pertinentes.

En el “Plan y Registro de Mantenimiento Preventivo” deben quedar establecidos los siguientes datos:

- El equipo/máquina a efectuar el mantenimiento.
- La descripción de la operación de Control / Verificación que se debe efectuar.
- La frecuencia.

Una vez realizado el mantenimiento, el responsable de llevarlo a cabo debe dejar asentado la fecha y la firma.

La empresa no considera a la máquina de desterronado como crítica para el proceso productivo. Sin embargo, el mal funcionamiento de esta máquina provoca que el material cerámico del racimo no sea eliminado completamente, y a la hora de realizar los cortes los discos quedan atrapados en el material cerámico, generando vibraciones, gastos extras del disco hasta incluso la detención de la máquina de corte. Como consecuencia, se tienen piezas dañadas a causa del corte realizado en estas condiciones. Una vez que este problema se repite en varias ocasiones, recién allí se procede a realizarle mantenimiento a la máquina de desterronado.

3.5.2.3 Inclusiones

A continuación, en la figura 30 se presenta el diagrama causa-efecto del problema “inclusiones”.

Para la construcción se dividió en cuatro categorías: maquinaria, personal, método de trabajo y material.

¿Cómo afecta la maquinaria? Con respecto a este punto, el sistema de atrapado de escoria puede no estar siendo efectivo.

¿Cómo afecta el personal? El personal puede contribuir a este problema de la siguiente forma. Por un lado, debido a no respetar el método de trabajo de como colar el acero, realiza la tarea erróneamente y el acero vertido posee escoria. Por otro lado, pueden quedar partículas de material refractario dentro del racimo. Esto se produce por dos causas:

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

la primera es que no se haya limpiado correctamente el racimo luego de salir del sector cerámico; la segunda es que, al retirar el racimo del horno de fogeo, el personal lo haya manipulado erróneamente, produciendo la rotura de pequeños pedacitos de material refractario que se depositan dentro del racimo.

¿Como afecta el método? Puede ocurrir que se realice la colada de acero con restos de escoria. Esto puede atribuirse al método de atrapado de escoria utilizado por la empresa. El método consiste en agregar un aditivo al terminar de fundir el acero en el horno, que agrupa la escoria en forma de enrejado para facilitar su retiro mediante una varilla.

¿Cómo afecta el material? Pueden desprenderse restos de material cerámico y depositarse en el interior del racimo. ¿Por qué? Debido a la mala calidad de la materia prima.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

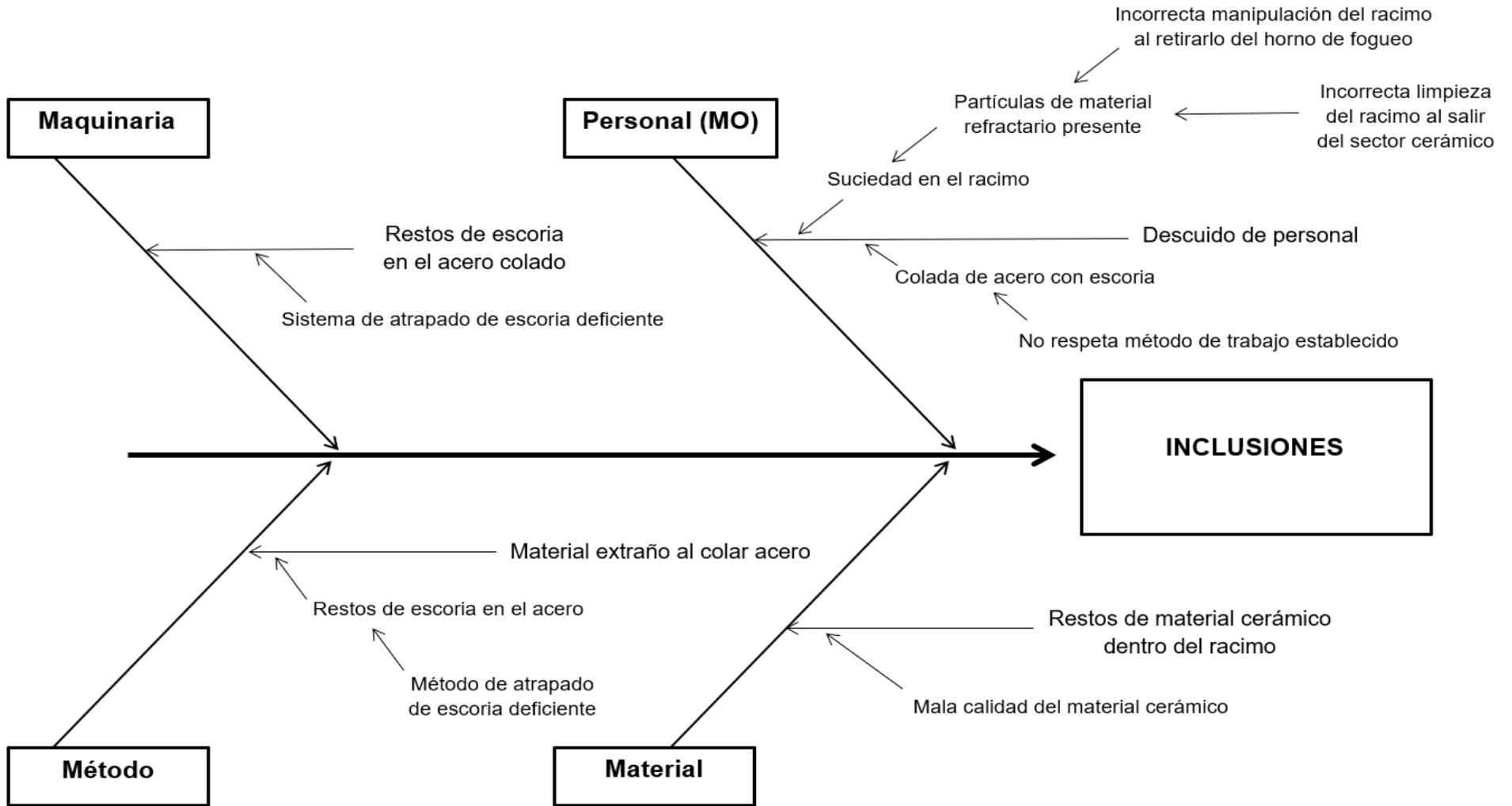


Figura 30: Diagrama causa-efecto de inclusiones.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Para detectar las causas principales del daño por corte se utiliza el método de evaluación y ponderación de causas. En la tabla 10 se presentan las distintas causas raíces, y en la tabla 6 los criterios de evaluación definidos.

Nro.	Descripción
1	Sistema de atrapado de escoria deficiente.
2	Método de atrapado de escoria deficiente.
3	Incorrecta manipulación del racimo a retirar del horno de fogueo.
4	Incorrecta limpieza del racimo al salir del sector cerámico.
5	No respeta el método de trabajo establecido.
6	Mala calidad del material cerámico

Tabla 10: Causas de inclusiones.
Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo del método para elegir la causa raíz más importante se presenta en la tabla 11.

Nro. de causa raíz	Criterio de evaluación				Total ($C_1 \cdot P_1 + C_2 \cdot P_2$)	Posición
	1. Impacto en el proceso		2. Frecuencia con la que ocurre			
	Calificación (C_1)	Peso (P_1)	Calificación (C_2)	Peso (P_2)		
1	8	10	3	7	101	3
2	7	10	4	7	98	5
3	7	10	2	7	84	6
4	8	10	6	7	122	2
5	5	10	5	7	85	4
6	8	10	8	7	136	1

Tabla 11: Matriz de priorización (inclusiones).
Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la causa raíz más importante a la cual atacar es:

- Mala calidad del material cerámico.

La mala calidad del material cerámico genera que, al momento de tener el racimo recubierto con la cascara cerámica, se desprendan restos de cerámico que se depositan en el interior del racimo. Luego, al colar el acero se transforma en inclusiones. Por esto, la calidad del cerámico es fundamental para disminuir el problema de inclusiones.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Actualmente, la empresa trabaja con un único proveedor de material cerámico hace mucho tiempo. En reiteradas oportunidades, la empresa solicitó la mejora de la calidad de la materia prima, aunque la situación no se modificó. Todas estas valoraciones las realizan en manera informal.

Sin embargo, la empresa no cambió de proveedor debido en parte a la relación duradera que mantienen y que no poseen criterios estandarizados para la selección y evaluación de los proveedores. Esto último es importante, ya que la empresa debiera tomar conciencia de las repercusiones que genera en el proceso trabajar con materia prima de mala calidad.

3.5.3. Puntos de control del proceso

En cuanto al sistema de producción, si bien la empresa posee registros sobre rechazos y retrabajos no procesa la información obtenida en busca de cuáles son las causas que produjeron las desviaciones. Además, la organización no tiene definidos objetivos en estos temas. Sin ellos, no se puede evaluar el funcionamiento de las tareas que se realizan en el sector.

Se considera conveniente, en busca de sacarle provecho a la información obtenida en el proceso, la definición de objetivos, indicadores sobre los cuales fundamentar las decisiones y la confección de un tablero de control.

3.6. Propuesta de mejora

3.6.1. Distribución en planta

3.6.1.1. Propuesta de mejora 1: Sector Cerámico

Luego de analizar distintas formas de ubicar las maquinarias del área para mejorar el flujo, se propone una nueva distribución del sector de cerámico. Se desplazarían las bateas de material cerámico desde la esquina inferior izquierda hasta el centro del área y la máquina de material refractario se ubicaría entre estas bateas. Con esto se buscan dos cosas: por un lado, reducir las distancias recorridas desde la máquina de material refractario y por el otro eliminar los flujos cruzados que actualmente se producen desde las bateas de material cerámico hasta la máquina de refractario. Esta propuesta, junto con su respectivo diagrama de recorrido y cursograma analítico se pueden observar en las figuras 31 y 32.

Con esta alternativa se lograría una reducción de 25,4 metros en el recorrido de las piezas en el sector cerámico. Esto representaría una disminución del 25,5%. Asimismo, se eliminarían todos los flujos cruzados que ocurren en el proceso, obteniéndose ventajas de acuerdo a la menor congestión del sector y a la seguridad de operación de los empleados.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen					Actual	
	Actividad						
Actividad: Cerámico	Operación	○				8	
	Transporte	⇨				12	
	Inspección	□				0	
	Espera	D				4	
	Almacenamiento	▽				0	
	Distancia (m.)					74,1	
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Transporte de racimo a batea de cerámico	7,1				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (1)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	3,1				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	7,3				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	6,0				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (2)		●					
Transporte de racimo a maquina de refractario	1,5				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	7,3				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	9,0				●		Mediante angarilla
Recubrimiento en cerámico (3)		●					
Transporte de racimo a maquina de refractario	1,5				●		Manual
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 2	7,3				●		Mediante angarilla
Esperar secado del racimo				●			
Transporte de racimo a batea de cerámico	8,0				●		
Recubrimiento en cerámico (4)		●					
Transporte de racimo a máquina de refractario	4,5				●		
Recubrimiento con refractario		●					
Transporte a área de secado 1	11,5				●		
Esperar secado del racimo				●			

Figura 32: Cursograma analítico del sector cerámico (propuesto).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Los resultados que se obtendrían como consecuencia de la propuesta se presentan en la tabla 12. Cabe destacar que la cantidad de actividades a realizar no se modificaría y que, por la naturaleza del proceso, seguirían produciéndose retrocesos. Sin embargo, se puede afirmar que se propuso una forma de distribución más eficiente que la actual, que produciría una disminución en la distancia a recorrer en el proceso y eliminaría los flujos cruzados.

	Situación actual	Situación propuesta	Variación
Distancia (m)	99,5	74,1	-25,5%
Flujos cruzados (cant.)	6	0	-100%

Tabla 12: Propuesta de mejora 1: resumen.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2. Propuesta de mejora 2: Sectores Fundición, Corte y Control Final.

En el caso de los sectores de fundición, corte y control final se propone modificar la distribución actual de la planta en busca de disminuir la distancia recorrida por las piezas en el proceso y lograr un flujo lineal en la planta. Conjuntamente, se debería buscar el óptimo funcionamiento de la máquina de desterronado para así poder eliminar la operación de granallado adicional que supe las fallas de la anterior.

Para modificar la distribución de estas áreas en la planta se tuvo en cuenta el área del proceso de producción por *Shell Moulding* ($78 m^2$) y que la planta tiene lugar disponible para modificarse, pero debido al desorden actual no se tiene dimensión de sus posibilidades. Además, se buscó encontrar la distribución más eficiente sin tener que reubicar los hornos de fundición, fogueo y cuchara de colado de acero debido a su complejidad. Por ejemplo, asociadas a estos hornos están las fosas de seguridad para prevenir accidentes de trabajo.

La distribución propuesta tiene el sector de corte ubicado en el sector superior izquierdo de la planta, donde antiguamente estaba ocupado por parte del proceso de *Shell Moulding*. Este último se ubica dónde estaban las mesas de rebabado.

Por otro lado, eliminando la operación de granallado luego del desterronado y ubicando la máquina granalladora al lado del sector de control final se mejoraría el flujo considerablemente, haciéndolo más lineal y sin retrocesos, como así también disminuiría la distancia a recorrer por las piezas en esta etapa del proceso.

La distribución propuesta junto con su respectivo diagrama de recorrido y los cursogramas analítico de las actividades de fundición y corte y control final se presentan en las figuras 33, 34 y 35.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

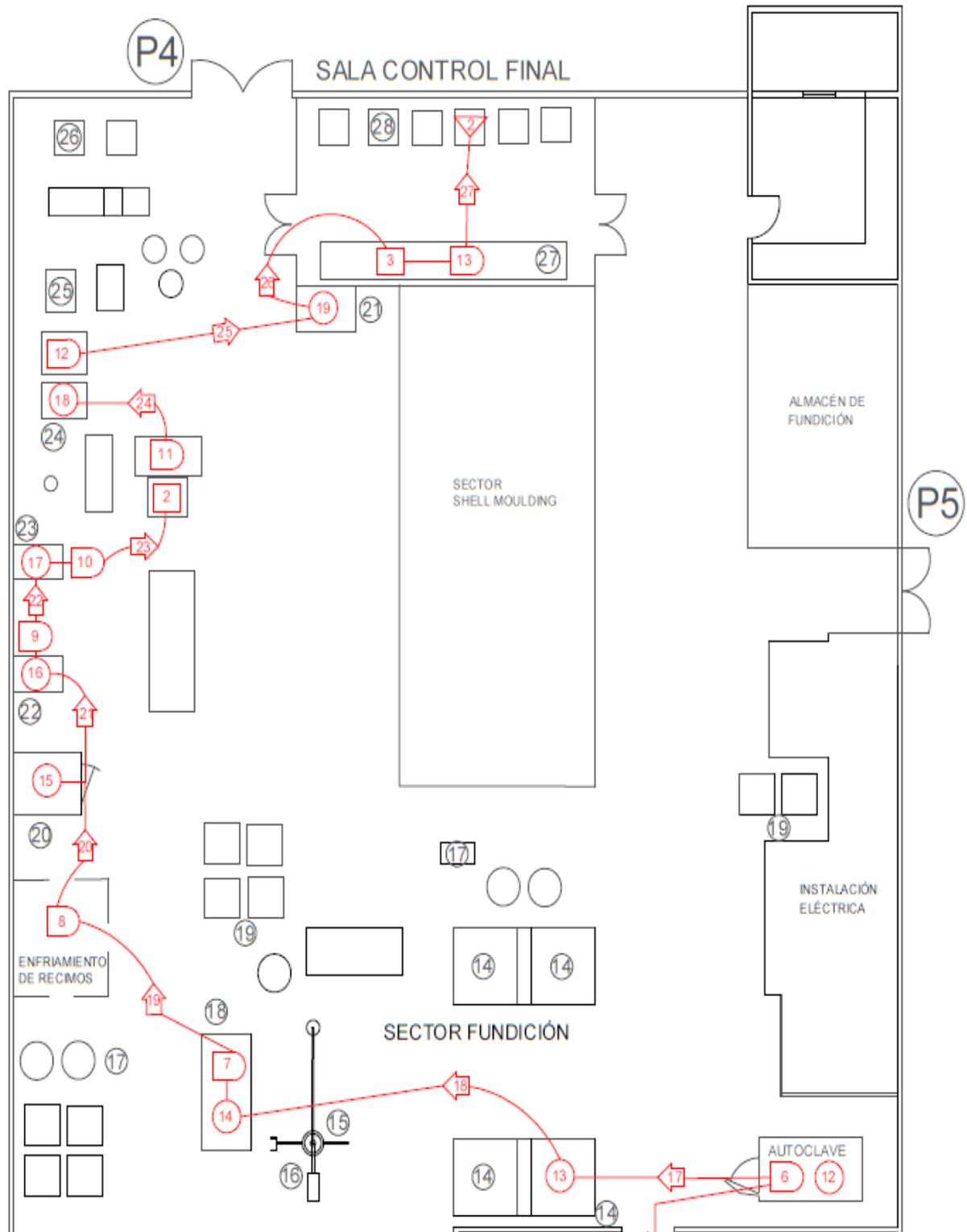


Figura 33: Diagrama de recorrido de los sectores de fundición, corte y control final (propuesto).

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen						
	Actividad				Actual		
Actividad: Fundición	Operación	○			3		
	Transporte	⇨			4		
	Inspección	□			0		
	Espera	D			3		
	Almacenamiento	▽			0		
	Distancia (m.)				29,9		
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
		○	□	D	⇨	▽	
Transporte de racimo al autoclave	9,5				●		
Acumular la cantidad de racimos necesarios para completar				●			Depende del tamaño de las piezas
Operación de autoclave		●					
Transporte de racimos hasta el horno de fogueo	5,0				●		En zorra mecánica
Introducir racimos en horno de fogueo		●					
Transporte de racimos a área de colado	9,7				●		Con pinzas
Colada de acero		●					
Primer etapa de enfriamiento				●			10min.
Transporte a sector de enfriamiento	5,7				●		En zorra mecánica
Enfriamiento final del racimo				●			Tiempo en función del volumen de las piezas

Figura 34: Cursograma analítico del sector de fundición (propuesto).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Cursograma analítico	Resumen						
	Actividad	Símbolo				Actual	
Actividad: Corte y control final	Operación	○	□	D	⇨	5	
	Transporte	○	□	D	⇨	8	
	Inspección	○	□	D	⇨	2	
	Espera	○	□	D	⇨	5	
	Almacenamiento	○	□	D	⇨	1	
	Distancia (m)					32,6	
Descripción	Distancia (m.)	Símbolo					Observaciones
Transporte a desterronado	3,5				●	Manualmente	
Desterronado		●					
Transporte a mesa de corte 1	3,7				●	Manual	
Corte 1		●				Con amoladora de banco	
Acumulación de piezas				●		Esperar a cortar todo el racimo	
Transporte a mesa de corte 2	2,0				●	Manualmente, en canasta	
Corte 2		●				Con cortadora sensitiva	
Acumulación de piezas				●		Todas las piezas de la canasta	
Transporte a mesa de rebabado	3,7				●	Manualmente, en canasta	
Inspección			●			Inspección visual	
Acumulación de piezas				●		Todas las piezas de la canasta	
Transporte a máquina de rebabado	3,1				●	Manualmente, en canasta	
Rebabado		●				Con banda abrasiva y/o piedra esmeril	
Acumulación de piezas				●		Todas las piezas de la canasta	
Transporte a granalladora	7,0				●	Manual, en canasta	
Granallado final		●					
Transporte a sector de control final	7,1				●	Manualmente, en canasta	
Inspección			●			Con calibre pasa - no pasa	
Acumulación de piezas				●		Todas las piezas de la canasta	
Transporte a anaquel	2,5				●	Manualmente, en caja	
Almacenamiento					●	En anaqueles	

Figura 35: Cursograma analítico del sector corte y control final (propuesto).
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Los resultados que se obtendrían con esta propuesta de mejora se presentan en la tabla 13. Se reduciría la distancia recorrida entre los sectores de fundición y corte y control final en 35,1 metros, lo que representa una disminución del 35,9% y se eliminarían el tráfico cruzado actual y los retrocesos.

		<i>Situación actual</i>	<i>Situación propuesta</i>	<i>Variación</i>
<i>Distancia (m)</i>	<i>Fundición</i>	40,2	29,9	-25,6%
	<i>Sector corte y control final</i>	57,4	32,6	-43,2%
	<i>Total</i>	97,6	62,5	-35,9%
<i>Trafico cruzado (cant.)</i>		3	0	-100%

Tabla 13: Propuesta de mejora 2: resumen.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.3. Impacto de las propuestas de mejoras en el proceso de Microfusión.

A continuación, en la tabla 14 se presentan los resultados que se obtendrían al realizar las mejoras propuestas en el proceso total de Microfusión.

		<i>Situación actual</i>	<i>Situación propuesta</i>	<i>Variación</i>
<i>Actividades</i>	<i>Operaciones</i>	20	19	-1
	<i>Transporte</i>	28	27	-1
	<i>Espera</i>	13	13	0
	<i>Inspección</i>	3	3	0
	<i>Almacenamiento</i>	2	2	0
<i>Distancia (m)</i>		223,1	162,6	-27,1%

Tabla 14: Impacto de las propuestas de mejora en el proceso de Microfusión: resultados.
Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Rechazos y retrabajos

3.6.2.1 Falta de llenado

Se obtuvo que la causa raíz más importante es:

- Secciones delgadas de los canales de colada del racimo.

El análisis de como diseñar el racimo junto con los canales de colada excede el alcance del trabajo.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Sin embargo, existen otras opciones para evitar el método de prueba y error en el diseño de racimo utilizado por la empresa. Se propone la adquisición de una licencia de un programa de simulación por computadora, que permitiría evaluar las consecuencias de diferentes diseños de racimo hasta encontrar el diseño correcto. Esto evitaría las pérdidas de tiempo y material debido al incorrecto diseño del racimo en el método de prueba y error. Hay que tener en cuenta que además permitiría atacar todas las demás causas raíces.

Uno de estos simuladores es el programa *ProCast*³ de *ESI Group*. Se adjuntan en las figuras 36, 37 y 38 algunos de los resultados de la simulación:

Temperatura de cada zona cuando se ha llenado

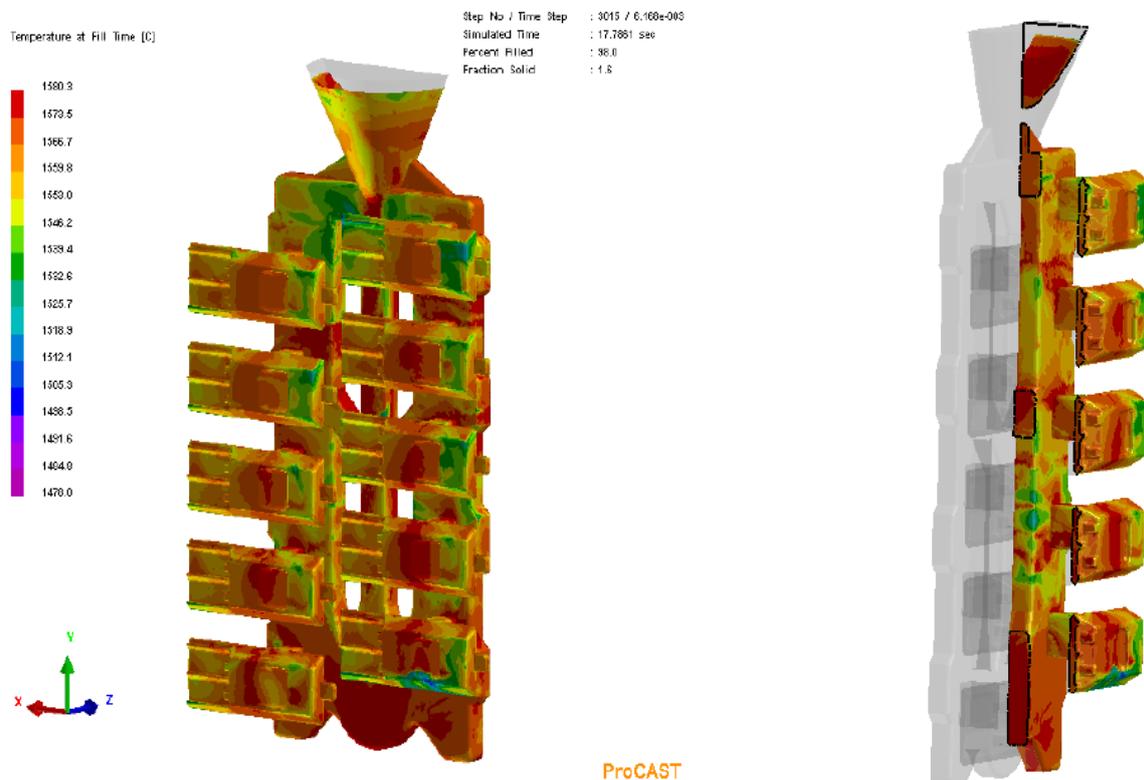


Figura 36: Ejemplo de simulación con ProCast 1.
Fuente: ProCast.

³ Página oficial: <https://www.esi-group.com/es/soluciones-de-software/procesos-y-fabricacion/fundicion/procast-quickcast>

Riesgo de Faltas de Llenado por temperatura

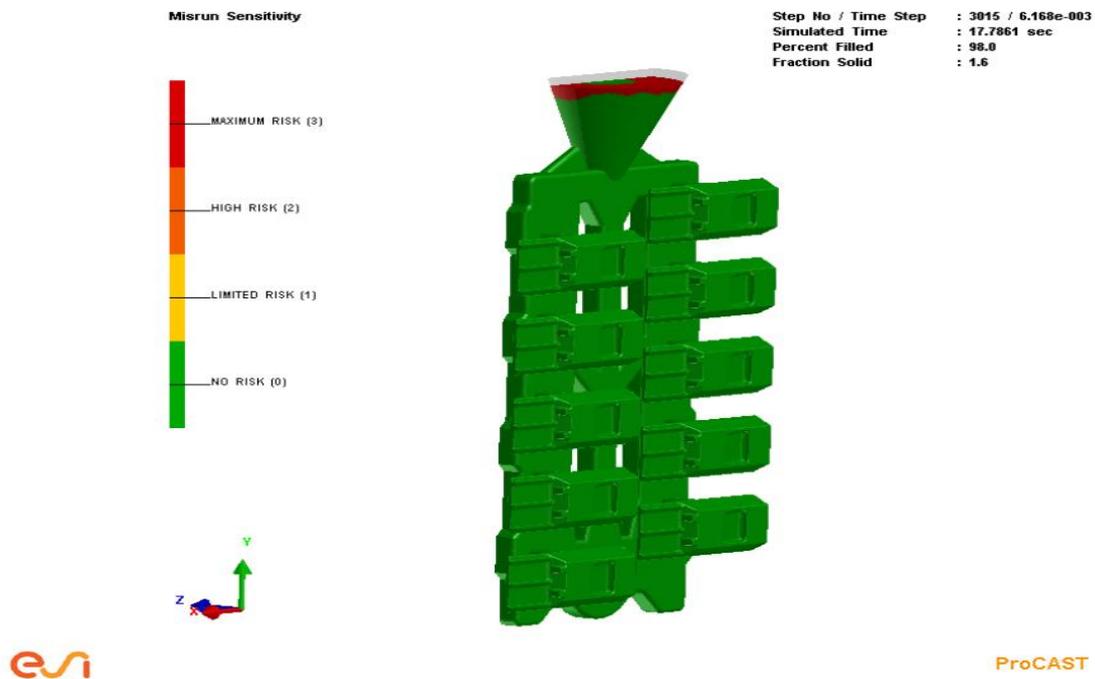


Figura 37: Ejemplo de simulación con ProCast 2.
Fuente: ProCast.

Últimas zonas en llenar en cada pieza



Debido a la posición de las piezas se formarán 2 zonas últimas en llenar en cada una de las piezas y por lo tanto las últimas zonas de evacuación del aire.

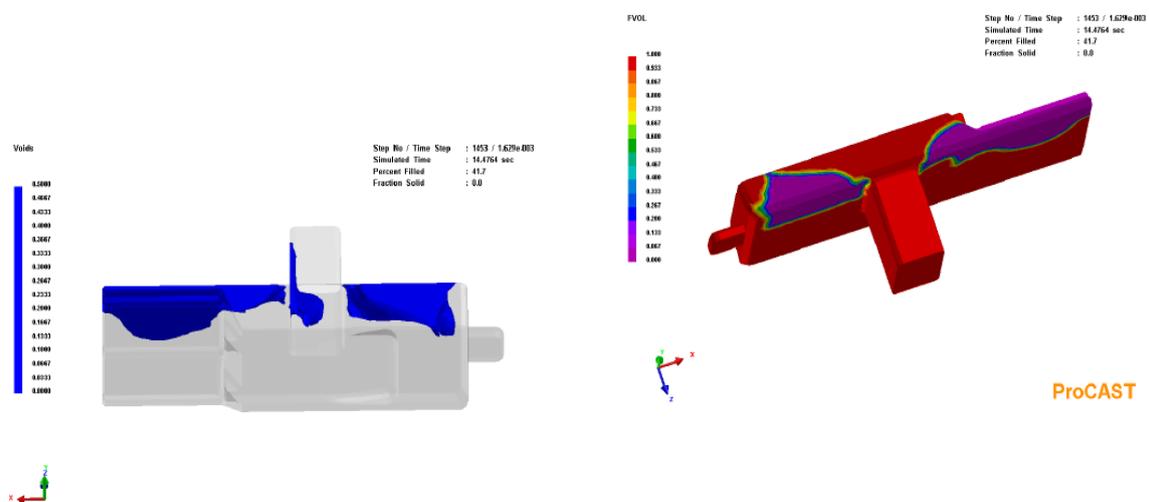


Figura 38: Ejemplo de simulación con ProCast 3.
Fuente: ProCast.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.6.2.2 Daño por corte

Como resultado se obtuvo que la causa raíz más importante a la cual atacar es:

- Mal funcionamiento de la máquina desterronado.

Se propone la incorporación de la máquina de desterronado al grupo de máquinas críticas del proceso productivo y, por lo tanto, al “Plan y Registro de mantenimiento preventivo”.

A continuación, se presenta el listado de las distintas operaciones que se deberían realizar diariamente antes de poner en funcionamiento el desterronado. Representado en la figura 39.

Conjuntamente, en la figura 40, se presenta el plan y registro de mantenimiento preventivo que se debería tener para la máquina de desterronado respetando la estructura definida por la empresa, explicada en la sección 3.5.2.2.

CHECK LIST DIARIO

(Logo empresa)

EQUIPO: **Máquina Desterronado**
FECHA: _____

<i>Descripción operación de Control / Verificación</i>	OK	NO OK
Comprobar el estado perfecto del cable de alimentación –con cualquier defecto, dejar que el cable de alimentación sea sustituido.		
Control visual de todos los componentes con respecto a daños.		
Limpiar el equipo.		
Mantener las ranuras de ventilación sin ensuciamientos – si fuera necesario, limpiarlas.		
Controlar los filos de las herramientas – si fuera necesario, afilarlas o sustituir las.		

Instrucción: Completar Fecha y Firma

Completó: _____ Firma: _____

Documento de Referencia: Manual de uso y mantenimiento del equipo (Solicitar a Producción de ser necesario).

Realizó: _____	Aprobó: _____
----------------	---------------

Fecha Elaboración: 07/02/2019	CL.6.4-01 Rev. 1 Fecha: 07/02/2019
-------------------------------	------------------------------------

Figura 39: Checklist de la máquina de desterronado (propuesto)
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

(Logo empresa)

PLAN Y REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO: **Máquina Desterronado**

AÑO: **2019**

Descripción operación de Control / Verificación	Frecuencia	MES																							
		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
		Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó	Fecha	Realizó
Controlar el desgaste del portaherramientas - si fuera necesario, sustituirlo.	Cada 1 mes																								
Reengrasar el motor	Cada 6 meses																								

Instrucción: Completar Fecha y Firma

Documento de Referencia: Manual de uso y mantenimiento del equipo (Solicitar a Produccion de ser necesario).

Realizó:	Aprobó:
----------	---------

Fecha Elaboración: 07/02/2019

REG.6.3-01 Rev. 1 Fecha: 07/02/2019

Figura 40: Plan de mantenimiento preventivo de la máquina de desterronado (propuesto).

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.6.2.3 Inclusiones

Como resultado se obtuvo que la causa raíz más importante a la cual atacar es:

- Mala calidad del material cerámico.

Para atacar esta causa raíz, se propone definir un mecanismo de selección y evaluación de proveedores, a partir de una matriz en la que se pueda calificar el desempeño de cada proveedor. Hay que tener en cuenta que, además de ser útil para los proveedores de material cerámico, se puede utilizar para los demás proveedores de la empresa.

Adicionalmente, en la figura V.1, se presenta la planilla de seguimiento de proveedores.

Se propone evaluar semestralmente cada proveedor de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Plazo de entrega: se refiere al tiempo que le demanda entregar el pedido.
- Cumplimiento de plazo de entrega: se refiere al grado de cumplimiento que tenga el proveedor de acuerdo a los plazos fijados.
- Precio: tiene que ver con cuanto sale el insumo, si se caracteriza por bajo costo o precio premium.
- Calidad de Suministro: se refiere a que tan buena es la calidad de los insumos.
- Respuesta ante reclamo: valora la rapidez y capacidad de solucionar o dar atención a los reclamos.
- Condiciones de arribo: comprueba el estado en el que arriban los artículos, penalizando roturas, deterioros, u otras características externas que puedan afectar a la calidad de los insumos.
- Capacidad de respuesta: alude a la capacidad de surtir pedidos en diferentes volúmenes, desde pequeños a grandes.

En la tabla 15 se presenta la matriz de evaluación de proveedores:

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES			
<i>Proveedor:</i> _____			
Criterio	Peso	Puntaje	Puntaje ponderado
<i>Plazos de entrega</i>	0,10		
<i>Cumplimiento de tiempo de entrega</i>	0,15		
<i>Precio</i>	0,20		
<i>Calidad del suministro</i>	0,25		
<i>Respuesta ante reclamos</i>	0,10		
<i>Condiciones de arribo</i>	0,10		
<i>Capacidad de respuesta</i>	0,10		
Fecha: _____		Total:	

Tabla 15: Matriz de evaluación de proveedores (propuesta).
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16 se presenta los puntajes definidos para completar en la matriz de cada proveedor.

Puntaje Obtenido	Descripción
4 puntos	Supera las expectativas del criterio según descripción
3 puntos	Cumple plenamente el criterio según descripción
2 puntos	Cumple parcialmente el criterio según descripción
1 punto	Cumple mínimamente el criterio según descripción
0 punto	No cumple el criterio según descripción.

Tabla 16: Criterios de puntajes para matriz de evaluación de proveedores (propuesta).
Fuente: Elaboración propia.

Una vez evaluado cada criterio, se vuelcan los puntajes a la tabla 15. Luego, se multiplican estos valores por el peso correspondiente a cada criterio para así obtener el puntaje ponderado. Finalmente, al sumar las cifras de esta columna queda establecida la puntuación global del proveedor para el semestre analizado.

Se propone que los proveedores con puntaje mayor o igual a tres sean aceptados: dentro de este grupo, el de mayor puntaje se elegiría.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3.6.3. Diseño de un tablero de control

Como última propuesta se presenta la implementación de un tablero de control que integre las definiciones de misión, visión, los objetivos y la estrategia de la organización. Además, se busca que sea una herramienta para el seguimiento de las propuestas anteriores desde el punto de vista operativo y que facilite la toma de decisiones por parte de la dirección.

A continuación, se definen los objetivos que se buscan alcanzar sobre la base de las cuatro perspectivas: financiera, cliente, proceso interno y de aprendizaje y crecimiento. Junto con ello, se construye el mapa estratégico donde queda plasmada la relación entre estas perspectivas.

Luego, se definen indicadores que sean representativos para medir el desempeño. Posteriormente, se deben definir metas realistas, ni muy ambiciosos ni fáciles de alcanzar, para que no repercutan en forma negativa en los operarios y sean fuentes de motivación.

3.6.6.1. Objetivos

Los objetivos que se buscan alcanzar, clasificados según cada perspectiva, se encuentran en la tabla 17.

Perspectiva	Objetivo
Financiero	Aumentar los ingresos por venta.
Cliente	Aumentar la participación del mercado.
	Disminuir el número de quejas de clientes por piezas defectuosas.
Proceso interno	Aumentar el cumplimiento de plazos de entrega.
	Disminuir el número de piezas rechazadas en el proceso de Microfusión.
	Disminuir el número de piezas retrabajadas en el proceso de Microfusión.
	Disminuir el tiempo que se dedica al retrabajo de las piezas.
	Aumentar las piezas aceptadas luego de los retrabajos.
	Disminuir las piezas defectuosas por daño por corte.
	Disminuir las piezas defectuosas debido a inclusiones.
	Disminuir las piezas defectuosas por falta de llenado.
Aprendizaje	Aumentar el número de sugerencias por parte de empleados.
	Disminuir el ausentismo.

Tabla 17: Objetivos según perspectivas.

Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar la relación entre los objetivos desde las cuatro perspectivas, en la figura 41 se presenta el mapa estratégico.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

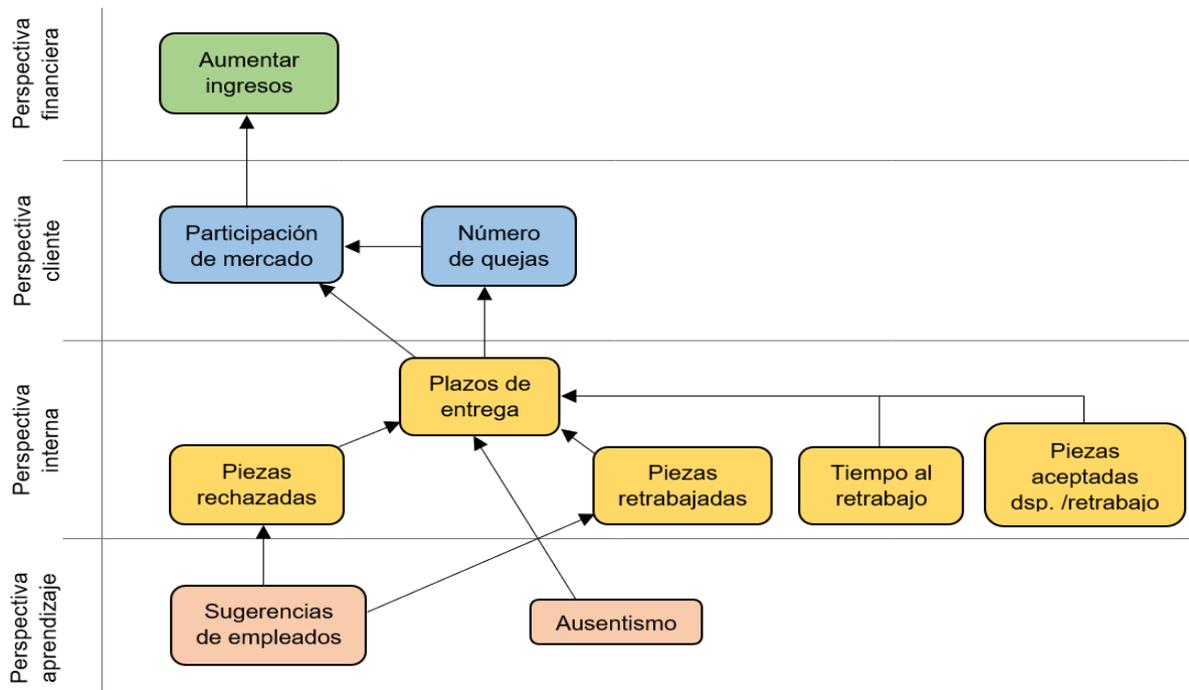


Figura 41: Mapa estratégico
Fuente: Elaboración propia.

3.6.6.2. Indicadores

A continuación, de la tabla 18 a 30, se desarrollan los indicadores propuestos para cada objetivo que, al compararlos con metas definidas, permiten evaluar el desempeño.

A partir de los valores de los registros históricos de la empresa, representados de la figura IV.1 a la figura IV.6, el diálogo con los trabajadores y las propuestas realizadas se establecieron los valores metas de los diferentes indicadores.

Perspectiva financiera

Para fijar el valor meta del primer indicador es necesario contar con información sensible de la empresa. Por motivos de confidencialidad no se compartió dicha información, por lo tanto, no se pueden definir el valor meta y sus límites.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Código		Indicador	
I-1		Ingresos por venta	
Objetivo		Aumentar los ingresos	
Definición		Proceso/Sector	
Producto entre los kilogramos de acero fundido (a) y el precio por kilo fundido (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = a \cdot b$	Numérico	Ventas (kilos de acero fundidos y precio por kilo)	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
*	*	*	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de ventas		Trimestral	

Tabla 18: Indicador ingresos por venta.
Fuente: Elaboración propia.

Perspectiva cliente

En el segundo indicador, cuota de mercado, no se establece el valor meta ya que es un valor que necesita de un profundo análisis de mercado y la empresa no cuenta con esa información.

Código		Indicador	
I-2		Cuota de mercado	
Objetivo		Aumentar la participación del mercado	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre las ventas totales de la empresa (a) y las ventas totales del mercado (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) \cdot 100$	%	Ventas e investigación de mercado	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
*	*	*	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de ventas		Anual	

Tabla 19: Indicador cuota de mercado.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Para el tercer indicador las casillas con asterisco indican que, ante la falta de datos, estos valores deben completarse al implementar el registro de esta información. Un posible ejemplo de una planilla para recolectar información acerca de este objetivo se presenta en la tabla VI.1.

Código	Indicador		
I-3	Piezas devueltas		
Objetivo	Disminuir el número de piezas devueltas por los clientes		
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre las piezas devueltas (a) y las piezas entregadas (b)		Ventas	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X=(a/b) *100$	%	Comercialización	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
*	*	*	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de ventas		Bimestral	

Tabla 20: Indicador piezas devueltas.
Fuente: Elaboración propia.

Perspectiva interna

Con respecto al cumplimiento de los plazos de entrega, dada la exigencia cada vez más importante del mercado en este aspecto y teniendo en cuenta la pendiente de crecimiento de la empresa en este tema, se propone una meta superadora con respecto al año anterior. Siendo el valor del año anterior el límite inferior de este indicador.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Código		Indicador	
I-4		Cumplimiento de los plazos de entrega	
Objetivo		Aumentar el cumplimiento de los plazos de entrega	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de pedidos entregados a tiempo (a) y el número de pedidos entregados (b)		Comercialización	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registro de Ventas	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
-	72%	80%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de comercialización		Bimestral	

Tabla 21: Indicador cumplimiento de los plazos de entrega.
Fuente: Elaboración propia.

Para fijar el valor meta del quinto al séptimo indicador (I5-I7) se tuvo en cuenta un promedio de los datos históricos de la empresa. Luego, en busca de mejorar la situación actual, en conversación con el jefe de producción, se planteó un valor inferior a dicho promedio, pero siempre siendo realista. Finalmente, para establecer los límites alto y bajo se consideró aceptable una desviación como máximo del 2%.

Código		Indicador	
I-5		Piezas rechazadas	
Objetivo		Disminuir el número de piezas rechazadas en el proceso de Microfusión	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas rechazadas (a) y el número de piezas controladas (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registros de rechazos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
12%	-	10%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 22: Indicador piezas rechazadas.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Código		Indicador	
I-6		Piezas retrabajadas	
Objetivo		Disminuir el número de piezas retrabajadas en el proceso de Microfusión	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas retrabajadas (a) y el número de piezas controladas (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registros de retrabajos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
7%	-	5%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 23: Indicador piezas retrabajadas.
Fuente: Elaboración propia.

Además, para el indicador siete se realizó un índice entre el tiempo dedicado a piezas retrabajadas mensualmente y los kilos de acero fundidos por mes. Debido a que la cantidad de retrabajos está relacionada con la producción que se realice, de esta forma se puede comparar mensualmente más allá de la variabilidad del volumen de producción.

Código		Indicador	
I-7		Tiempo dedicado al retrabajo de piezas	
Objetivo		Disminuir el tiempo que se dedica al retrabajo de las piezas	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el tiempo dedicado a piezas retrabajadas en minutos por mes (a) y los kilos de acero fundidos mensuales (b)		Producción	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b)$	Numérico	Registro de retrabajos (tiempo de retrabajos) y ventas (kilos de acero)	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
0,47	-	0,45	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 24: Indicador tiempo dedicado al retrabajo de piezas.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

En el caso de las piezas aceptadas luego de retrabajo, teniendo en cuenta todos los recursos necesarios para realizar los retrabajos a una pieza junto con los inconvenientes y demoras, no puede realizarse en forma errónea. Por lo tanto, se plantea un número muy exigente para la meta, siendo inaceptable por debajo del 95%.

Código		Indicador	
I-8		Piezas aceptadas luego de retrabajo	
Objetivo		Realizar retrabajos de muy buena calidad	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas aceptadas luego de retrabajadas (a) y el número total de piezas retrabajadas (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registro de retrabajos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
100%	95%	98%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 25: Indicador piezas aceptadas luego de retrabajo.
Fuente: Elaboración propia.

Para los últimos tres indicadores de la perspectiva interna, el límite superior de cada uno se estableció teniendo en cuenta el histograma de retrabajos realizado en la sección 3.4.5. De esta forma, el porcentaje de retrabajos actual debido a cada uno es el límite superior, y la meta busca mejorar cada uno paulatinamente.

Código		Indicador	
I-9		Piezas defectuosas por falta de llenado	
Objetivo		Disminuir el número de piezas defectuosas por falta de llenado	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas rechazadas por falta de llenado (a) y el número de piezas rechazadas totales (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registro de retrabajos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
38%	-	36%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 26: Indicador piezas defectuosas por falta de llenado.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Código	Indicador		
I-10	Piezas defectuosas por daño por corte		
Objetivo	Disminuir el número de piezas defectuosas debido a daño por corte		
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas rechazadas por daño por corte (a) y el número de piezas rechazadas totales (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	Numérico	Registro de retrabajos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
23%	-	21%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 27: Indicador piezas defectuosas por daño por corte.
Fuente: Elaboración propia.

Código	Indicador		
I-11	Piezas defectuosas debido a inclusiones		
Objetivo	Disminuir el número de piezas defectuosas debido a inclusiones		
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre el número de piezas rechazadas por inclusiones (a) y el número de piezas rechazadas totales (b)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = (a/b) * 100$	%	Registro de retrabajos	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
17%	-	15%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Trimestral	

Tabla 28: Indicador piezas defectuosas debido a inclusiones.
Fuente: Elaboración propia.

Perspectiva aprendizaje

Por último, teniendo en cuenta esta perspectiva se definieron dos indicadores: sugerencias de los empleados y ausentismo.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Con el primer indicador se busca que los operarios se involucren activamente en el proceso productivo de la empresa, proponiendo mejoras que crean necesarias según sus conocimientos en el trabajo diario. Por lo tanto, el valor meta y sus límites se podrán definir luego de implementarlo.

Código		Indicador	
I-12		Sugerencias de los empleados	
Objetivo		Aumentar el número de sugerencias por parte de empleados	
Definición		Proceso/Sector	
Número de sugerencias de empleados (a)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
X=a	Numérico	Registro de sugerencias	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
*	0	*	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Semestral	

Tabla 29: Indicador sugerencias de empleados.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la empresa cuenta con los valores de ausentismo de los años 2016 y 2017. Los valores promedios son de 6,7% y 8,2% respectivamente. Al detectar un aumento de este indicador se busca volver a los valores iniciales y, además, disminuirlo año tras año.

Código		Indicador	
I-13		Ausentismo	
Objetivo		Disminuir el ausentismo	
Definición		Proceso/Sector	
Cociente entre: la sumatoria de los días que cada empleado estuvo ausente(a) y la multiplicación de los días laborales (b) por la cantidad de empleados (c)		Microfusión	
Como se mide	Tipo de indicador	Fuente de datos	
$X = a/(b*c)$	%	Registro de RR.HH.	
Límite superior	Límite inferior	Meta	Frecuencia medida
8,2%	-	6,7%	Mensual
Responsable del indicador		Frecuencia de revisión del indicador, límites y meta	
Jefe de producción		Anual	

Tabla 30: Indicador de ausentismo.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

Una vez superada la puesta en marcha del tablero de control, se debe establecer una validación de los indicadores a fin de determinar si resultan útiles y rentables. Para esto se debe realizar una valoración de los indicadores en los siguientes apartados:

- Utilidad del indicador en sí y para la toma de decisiones.
- Vinculación con el objetivo que se desea mejorar.
- Compatibilidad con el resto de indicadores.
- Utilidad con respecto al costo de recogida de la información y su desarrollo.
- Fiabilidad de los datos en relación con el tiempo.
- Redundancia con otros indicadores ya existentes.
- Sencillez en la obtención de la información.
- Divulgación eficaz de los resultados.

La validación de indicadores debe continuarse en el tiempo para confirmar que siguen siendo pertinentes y cumplen con los objetivos definidos. Un indicador puede perder su vigencia cuando la organización define nuevos objetivos, se han modificado las circunstancias y expectativas o han cambiado el responsable o el cliente del objetivo. Al igual que los demás procesos, el sistema de indicadores y el tablero de control deben someterse a un proceso de mejora continúa manteniendo, modificando, suprimiendo indicadores o creando otros nuevos, cuando las circunstancias lo aconsejen.

3.6.6.3. Tablero de Control

Sobre la base de los indicadores planteados anteriormente, en la tabla 31 se presenta el tablero de control diseñado.

Corresponde aclarar que completar el tablero de control no es un fin en sí mismo. Inevitablemente debe realizarse un análisis posterior de los resultados con el objetivo de definir un accionar acorde al estado en el que se encuentra cada indicador. Estas acciones incluyen: continuar con la forma en la que se desarrollan las actividades actualmente, implementar cambios o revisar los parámetros establecidos.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

TABLERO DE CONTROL					Año:			Responsable:								
Código	Indicador	Límite inferior	Límite Superior	Meta	Resultado de medicion											
					En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Perspectiva Financiera																
I-1	Ingresos por venta	*	*	*												
Perspectiva del cliente																
I-2	Cuota de mercado	*	*	*												
I-3	Piezas devueltas	*	*	*												
Perspectiva Interna																
I-4	Cumplimiento de los plazos de entrega	72%	100	80%												
I-5	Piezas rechazadas	0%	12%	10%												
I-6	Piezas retrabajadas	0%	7%	5%												
I-7	Tiempo dedicado al retrabajo de piezas	0,00	0,47	0,45												
I-8	Piezas aceptadas luego de retrabajo	94%	100%	98%												
I-9	Piezas defectuosas por daño por corte	0%	23%	21%												
I-10	Piezas defectuosas debido a inclusiones	0%	17%	15%												
I-11	Piezas defectuosas por falta de llenado	0%	38%	36%												
Perspectiva de aprendizaje																
I-12	Sugerencias de empleados	*	*	*												
I-13	Ausentismo	8%	0%	6,70%												

Tabla 31: Tablero de control (propuesto).
Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIÓN

A lo largo del presente trabajo se realizó un análisis de las etapas que conforman el proceso de producción central de la planta en estudio, la producción de piezas de acero mediante el proceso de Microfusión.

Una vez relevada y comprendida la situación actual se procedió a realizar un estudio crítico del proceso en busca de propuestas de mejora. Se analizaron los siguientes puntos:

- Distribución en planta.
- Rechazos y retrabajos en el proceso productivo.
- Toma de decisiones basada en la información.

Con respecto a la distribución en planta, las propuestas fueron:

1. En el área de cerámico se planteó una redistribución de la maquinaria, que como consecuencia reduciría un 25,5% la distancia a recorrer por las piezas y eliminaría el tráfico cruzado del sector.
2. En el área de fundición, se propuso un cambio en la ubicación del sector de enfriamiento del racimo. Esto supondría una reducción de la distancia a recorrer por las piezas del 25,6%.
3. En el área de corte, se propuso un cambio de lugar de este sector y la eliminación de una tarea duplicada. Esto supondría una reducción de la distancia a recorrer por las piezas del 45,2% eliminando la totalidad de los flujos cruzados.
4. Como resultado de estas propuestas, la distancia total que las piezas recorren en el proceso de producción de piezas de acero por Microfusión se reduciría un 27,1% respecto de la situación actual.

Con respecto a los rechazos y retrabajos, se definieron las tres principales fuentes de rechazos y retrabajos. Estas son: falta de llenado, daño por corte y la presencia de inclusiones. Se desarrollaron las posibles causas de cada una y se determinó cual era la causa raíz principal a la cual debía atacarse. Se desarrollaron las siguientes propuestas:

1. Con respecto a la falta de llenado, se propuso la adquisición de un *software* de simulación por computadora.
2. En cuanto al daño por corte, se planteó sumar la máquina de desterronado al grupo de máquinas críticas del proceso y se desarrolló su plan de mantenimiento.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

3. Para contrarrestar el problema de inclusiones se definió un mecanismo de selección y evaluación de proveedores de materia prima. Adicionalmente, se desarrolló una planilla para dar seguimiento a cada proveedor.

Finalmente, con respecto a la toma de decisiones basadas en la información:

1. Se desarrollaron indicadores a tener en cuenta en el proceso productivo, junto con sus objetivos y metas a cumplir.
2. Se desarrolló un tablero de control, con el cual se puede dar seguimiento a las propuestas realizadas y permita sustentar la toma de decisiones a la dirección.

Se considera que los objetivos planteados al inicio de este trabajo se pudieron desarrollar favorablemente. Las distintas herramientas aprendidas en la carrera sirvieron de base para entender el proceso y, a partir de ellas, realizar las propuestas dichas anteriormente.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Meyers, F. y Stephens, M. (2006). Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales. México. Ed. Pearson Education.
- Donna C. S. Summers. (2006). Administración de la Calidad. México. Ed. Pearson Education.
- Kaplan, S. y Norton, P. (2000). Cuadro de Mando Integral. Barcelona. Ed. Gestión.
- OIT (1998). Introducción al estudio del trabajo. 4º edición.
- David F. (2008). Concepto de administración estratégica. México. Ed. Pearson Education.
- Robbins, S. y Culter, M. (1996). Administración. México. Ed. Pearson Education.
- Krajewski, L.J.; Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). Administración de operaciones. procesos y cadenas de valor. México. Ed. Prentice Hall.
- Investment Casting Institute. Atlas of Casting Defects.
- Giannasi, E. (2004). Desperdicios en la producción. INTI.
- Caviati, L.N. (2015). Cuadro de Mando Integral para un Estudio Contable. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Económicas y Jurídicas. Universidad Nacional de la Pampa, 14p.
- Catedra Gestión de la calidad (2016). Estudio de procesos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata, 5p.
- Francisco Rey Sacristán. (2001). Manual del Mantenimiento integral en la empresa. Editorial FC.
- Inductotherm Group. (2011). Guía de fundamentos de seguridad en la fundición por inducción.
- Schroeder, R.; Goldstein, S. y Rungtusanatham, J. (2011). Administración de operaciones. México D.F. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana.

6. ANEXO

I. Anexo I: Encuestas de satisfacción de los clientes

A continuación, en la tabla I.1, se presentan los datos obtenidos de las encuestas de satisfacción de los clientes realizadas en el año 2017 y en la figura I.1 los resultados obtenidos.

Cantidad de respuestas	10	Escala	Cantidad
		170-180: Muy satisfecho	2
Puntaje obtenido	1521	140-169: Satisfecho	7
		110-139: Algo Satisfecho	1
Puntaje ideal	1800	80-109: Insatisfecho	0
Nivel alcanzado	84,5%	> 80: Muy insatisfecho	0

Tabla I.1: Datos obtenidos de satisfacción del cliente.
Fuente: Empresa.

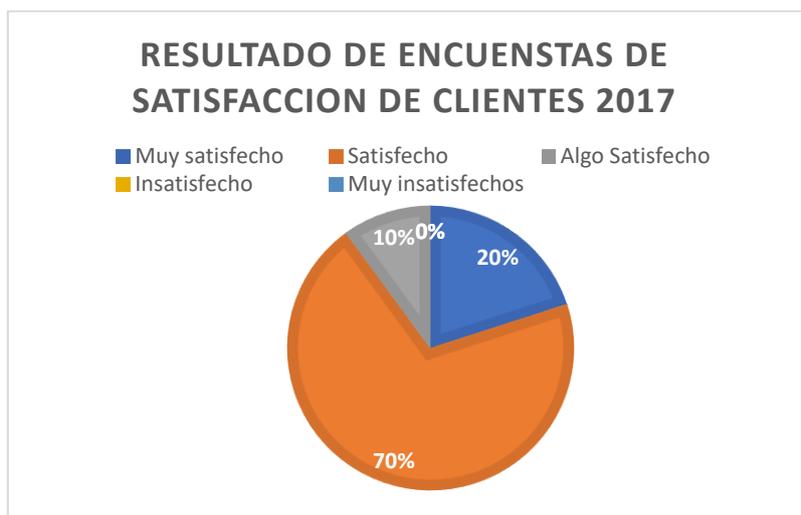


Figura I.1: Resultados de encuestas de satisfacción del cliente.
Fuente: Empresa.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

II. Anexo II: Mapeo de procesos

A continuación, en la figura II.1 se presenta el mapeo de procesos de la organización:

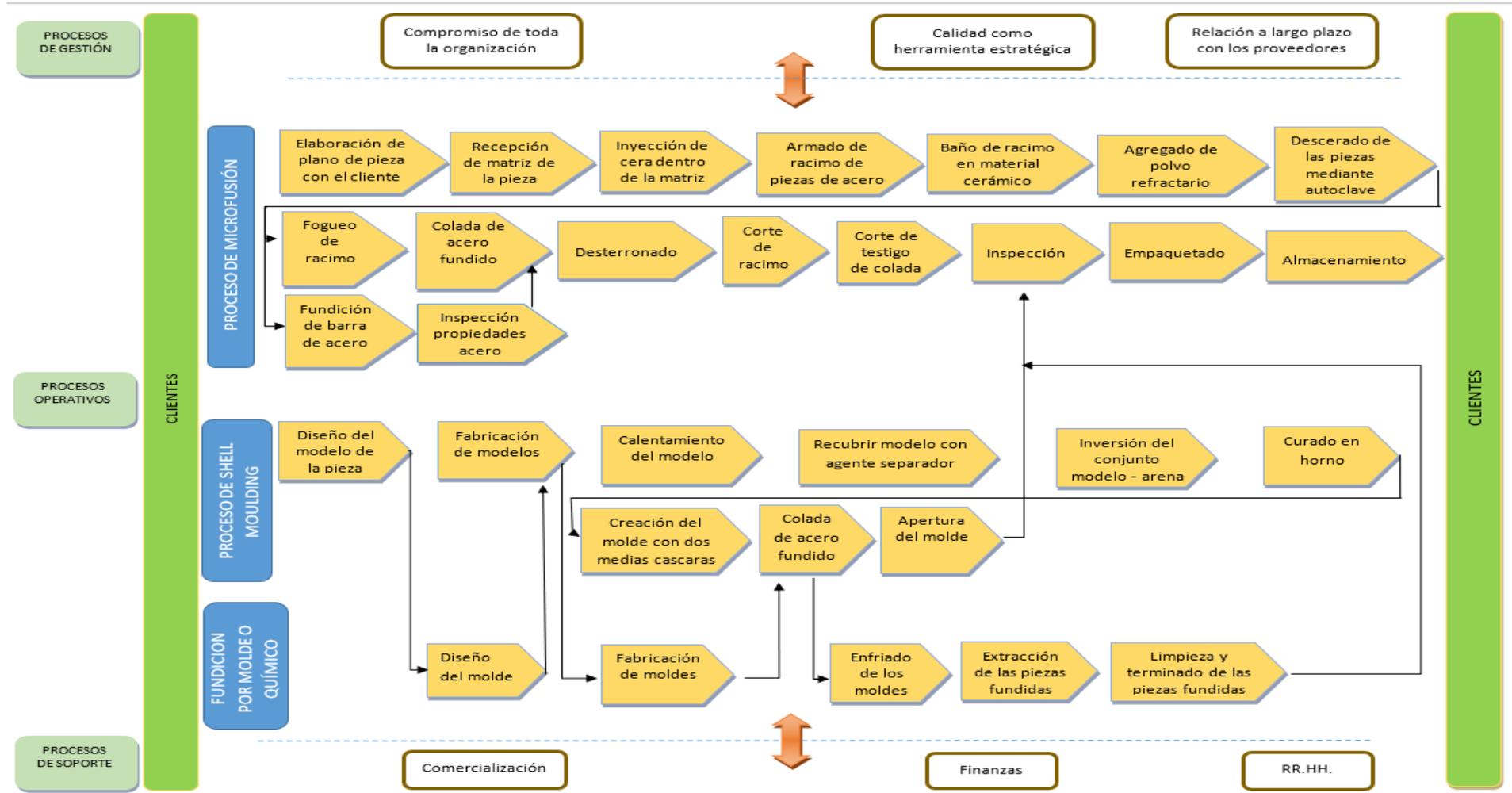


Figura II. 1: Mapeo de procesos.

Fuente: Elaboración propia.

III. Anexo III: Seguridad en hornos de inducción

Hornos sin Núcleo

Un horno sin núcleo no tiene inductor o núcleo. En su lugar, el baño entero funciona como el área de calentamiento de inducción. La bobina de cobre está cubierta por una capa de refractario a toda la longitud de la misma por la parte interna del horno. En la figura III.1, se presenta a modo de ejemplo un esquema de un horno sin núcleo.

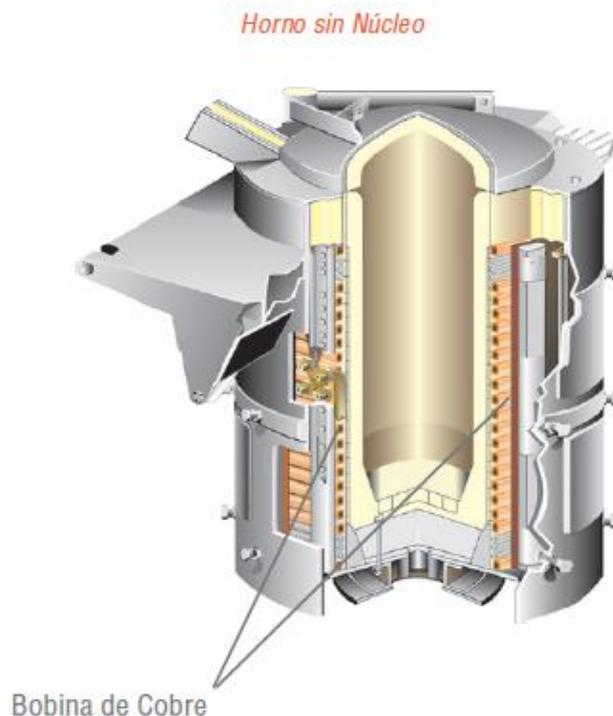


Figura III.1: Horno de inducción.

Fuente: Inductotherm.

Operando una corriente eléctrica potente a través de la misma, la bobina crea un campo magnético que penetra el refractario y rápidamente funde la carga metálica dentro del horno. La bobina de cobre no se funde gracias al enfriamiento de agua que fluye en su interior.

Cuidado con los Riesgos de Inducción

Reportes de investigación de accidentes indican que la mayoría de los accidentes en las fundiciones pasan debido a cualquiera de las siguientes razones:

- La introducción de metal húmedo o mojado al metal fundido, causando una explosión agua/metal fundido.
- Falta de habilidad del empleado o trabajador antes de tomar la temperatura, la muestra o al adicionar aleaciones, provocando con esto salpicaduras de metal.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

- Al dejar caer piezas grandes de material de carga dentro del baño de metal, provocando con esto salpicaduras de metal.
- El no respetar mantenerse atrás de las líneas de seguridad puede causar una situación de atrapamiento.
- El tener contacto con conductores eléctricos, el hacer caso omiso de los interruptores de seguridad o el entrar en contacto con capacitares no descargados totalmente, pueden causar una descarga eléctrica o la electrocución.
- Falta de entrenamiento del operador.

Equipo de protección personal (EPP)

Si la primera línea de defensa de los trabajadores de la fundición, contra lesiones o muerte es un equipo de seguridad y entrenamiento, que habilite una operación apropiada, ambas bajo condiciones de rutina y de emergencia, la línea final de defensa del trabajador es su Equipo de Protección Personal (EPP).

Usando el equipo de protección personal (EPP) apropiado puede significar la diferencia de salir ileso de una catástrofe en la fundición o ser lesionado o muerto. El equipo de protección primario debe usarse durante las actividades que incluyen: cargar, escoriado, ajustes, muestreo, moldeo, medición de temperatura, operaciones de vaciado y colado o cuando se esté cerca del metal fundido.

El equipo de protección incluye lentes de seguridad, careta, casco, protección auditiva, abrigo, mandil, guantes, espinilleras (cubre piernas), capa y mangas que se deben de fabricar de telas de vidrio aluminizadas. Un ejemplo de un equipo de protección típico se presenta en la figura III.2.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme



Figura III.2.: Equipo de protección personal típico.

Fuente: Inductotherm.

Salpicaduras de Metal Fundido: El Riesgo más visible en la fundición

Los materiales de carga húmedos representan un serio riesgo de seguridad en todas las fundiciones. Cuando el metal fundido hace contacto con cualquier cantidad de agua, humedad o material lubricante, el agua instantáneamente se convierte en vapor, expandiéndose a 1600 veces de su volumen original y produciendo una explosión muy violenta. Esto ocurre sin ninguna advertencia y arroja metal fundido y posiblemente materiales sólidos que están a muy alta temperatura fuera del horno y pone a los trabajadores, la planta, el horno y equipo adyacente en riesgo.

Una explosión metal fundido/agua puede ocurrir en cualquier tipo de horno. Para un horno de inducción, los efectos posteriores pueden ser más serios e incluyen la posibilidad de explosiones adicionales causadas por los líquidos de rupturas en el sistema de enfriamiento entrando en contacto con el metal fundido. No se requiere de tener metal fundido presente en el horno para que ocurra una explosión. Las explosiones también pueden ocurrir si tambores sellados o contenedores son cargados dentro de un horno vacío, pero caliente. En este caso, la fuerza de la explosión puede expulsar el nuevo material cargado y será muy posible que

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

dañe el revestimiento refractario también. Un ejemplo de un caso de explosión por este motivo esta representado en la figura III.3.

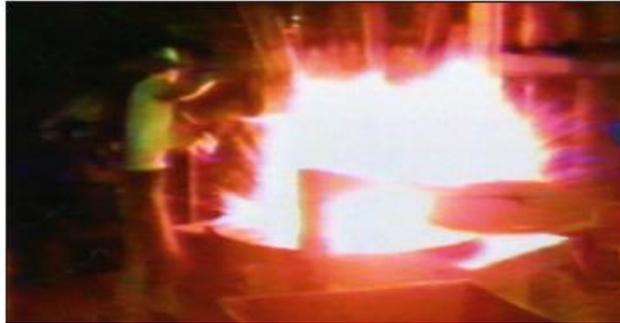


Figura III.3: Explosión.
Fuente: Inductotherm.

Enfriamiento del Horno

La bobina del horno, la cual produce el campo electromagnético, no está diseñada para que se caliente. A pesar de que algo de calor es conducido del baño de metal líquido a través del recubrimiento refractario hacia la bobina, la mayor parte de la carga de calor en la bobina es causada por la corriente fluyendo a través de ella. Debido a esto se requiere que esté en continuo enfriamiento, no solamente para incrementar su eficiencia eléctrica, sino también para prevenir que se llegue a fundir.

Típicamente el sistema de agua de enfriamiento es construido dentro de la misma bobina, la cual es hecha de tubo de cobre hueco por el cual fluye el flujo de agua de enfriamiento. El agua recoge el calor causado por la corriente y el calor conducido por metal fundido a través del refractario y los lleva a un intercambiador de calor para su retiro. Representado en la figura III.4.

Si llegase a existir una falla eléctrica o mecánica que dañase la bomba que circula el agua, habrá un acumulamiento de calor que puede originar un daño al aislamiento de la bobina, generación de vapor y fuga de agua. Estos factores pueden originar una explosión mayor, la cual puede ocurrir en minutos.

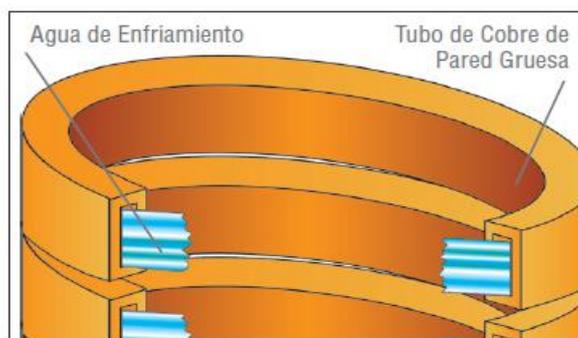


Figura III.4. Sistema de enfriamiento horno.
Fuente: Inductotherm.

Manteniendo su Revestimiento Refractario

Revestimientos refractarios apropiados y con un buen mantenimiento, son importantes para la operación segura de todos los hornos fundiendo metales. En los hornos de inducción, estos son absolutamente críticos. En la figura III.5 se presentan las diferentes secciones presentes en un horno.

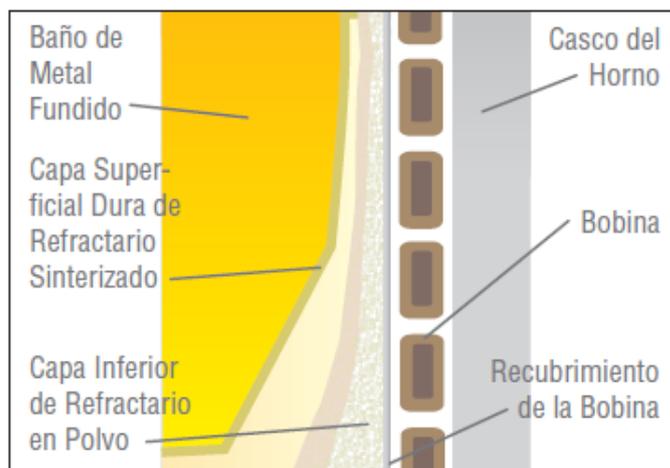


Figura III.5: Sección horno.

Fuente: Inductotherm.

La física de la inducción eléctrica demanda que el revestimiento refractario entre la bobina de inducción y el baño de metal fundido sea tan delgado como sea posible. Al mismo tiempo debe ser lo suficientemente grueso para proteger totalmente la bobina y prevenir derrames de metal en el caso de ataques químicos por el metal fundido, agentes químicos y choques mecánicos.

Para asegurar que el revestimiento del horno permanezca dentro de los límites especificados por el fabricante. Se requiere un tratamiento cuidadoso del revestimiento durante la operación del horno, así como una cuidadosa inspección y monitoreo de los procedimientos.

Monitoreo Normal de Desgaste del Revestimiento

El revestimiento refractario está sujeto a un desgaste normal como resultado de la acción de la fusión de la chatarra sobre las paredes del horno. Esto es mayormente debido a la acción de agitación inductiva causada por la inducción del campo electromagnético del horno.

En teoría, el desgaste del refractario debería de ser uniforme, pero en la práctica esto nunca ocurre. El desgaste más intenso ocurre:

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

- En la interfase escoria/metal.
- En la unión de las paredes con el piso.
- En áreas de baja densidad causadas por una pobre instalación.

Al vaciar el horno, este debe ser siempre inspeccionado. Atención especial deberá ser puesta a las áreas de mayor desgaste descritas arriba. Todas las observaciones deberán ser siempre registradas.

Aunque son útiles, las inspecciones visuales no son siempre posibles. Las inspecciones visuales no pueden revelar todos los problemas de desgaste potenciales. La presencia de un área de refractario con baja densidad puede igualmente escaparse a la vista durante una inspección visual. Estas limitaciones hacen que los programas de monitoreo de desgaste de revestimientos refractarios sean esenciales.

Mediciones directas del diámetro interior del horno proporcionan excelente información acerca de las condiciones del revestimiento.

Temperaturas Excesivas y Choque Térmico

Los fabricantes de refractarios toman en consideración las temperaturas extremas al formular sus productos. Por esta razón es importante que los materiales refractarios sean utilizados solamente en aplicaciones que correspondan a rangos de temperatura especificados para el producto.

Ya sea que las condiciones actuales del horno calienten o enfríen el revestimiento fuera de su rango especificado, el resultado del choque térmico puede dañar la integridad del revestimiento. El agrietamiento puede ser una señal prematura de choque térmico y potencialmente un serio derrame de metal.

El choque térmico también puede ser causado por un calentamiento excesivo o un enfriamiento inapropiado. La mejor forma de evitar un sobrecalentamiento es monitoreando el baño de metal y tomando una lectura de temperatura cuando la carga empieza a fundir.

Aún cuando es imposible eliminar los riesgos de fundir metal, si es posible hacer del taller de fundición un lugar más seguro para trabajar. Esto requiere dirección para hacer de la seguridad un valor corporativo clave, para entonces, comunicárselo a los trabajadores de la fundición seleccionando el equipo disponible más seguro y asegurándose que los trabajadores sean capacitados en su uso apropiado.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

IV. Anexo IV: Datos históricos de la empresa

A continuación, de la figura IV.1 a la IV.6 se presentan los diferentes datos históricos brindados por la empresa

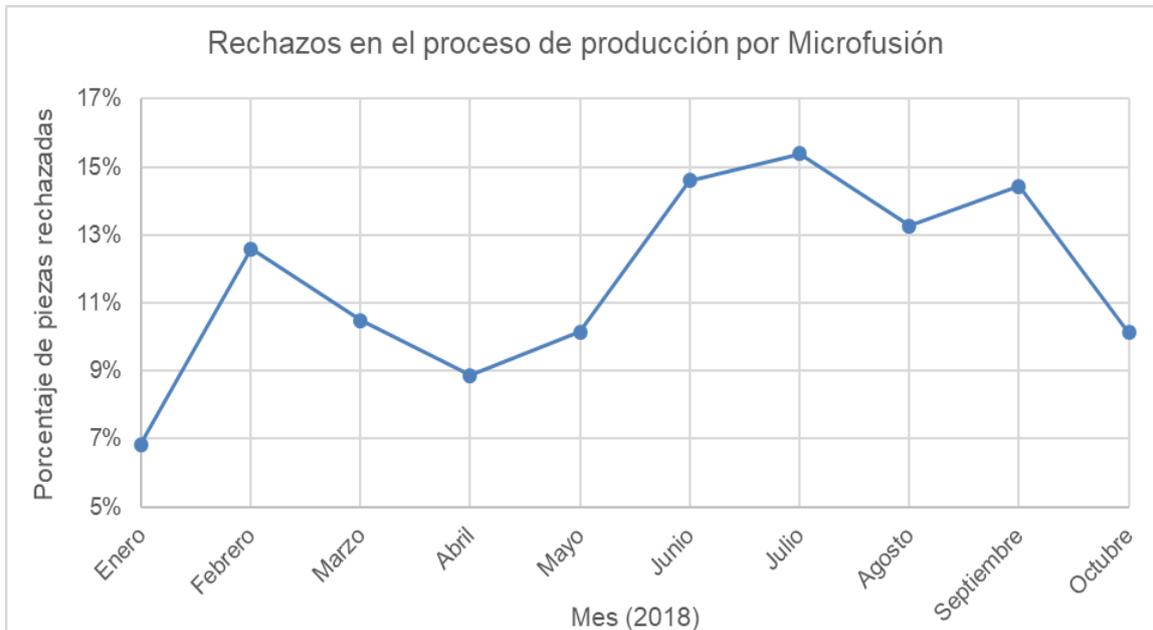


Figura IV.1: Rechazos en el proceso de producción por Microfusión.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

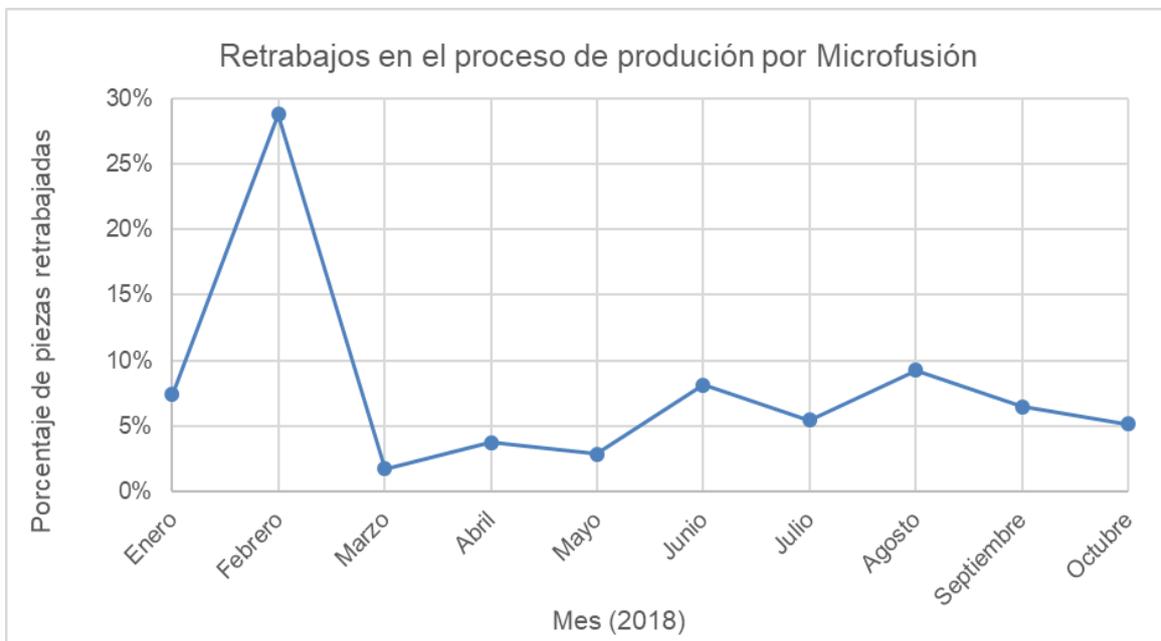


Figura IV.2: Retrabajos en el proceso de producción por Microfusión.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.



Figura IV.3: Tiempo dedicado a retrabajo.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

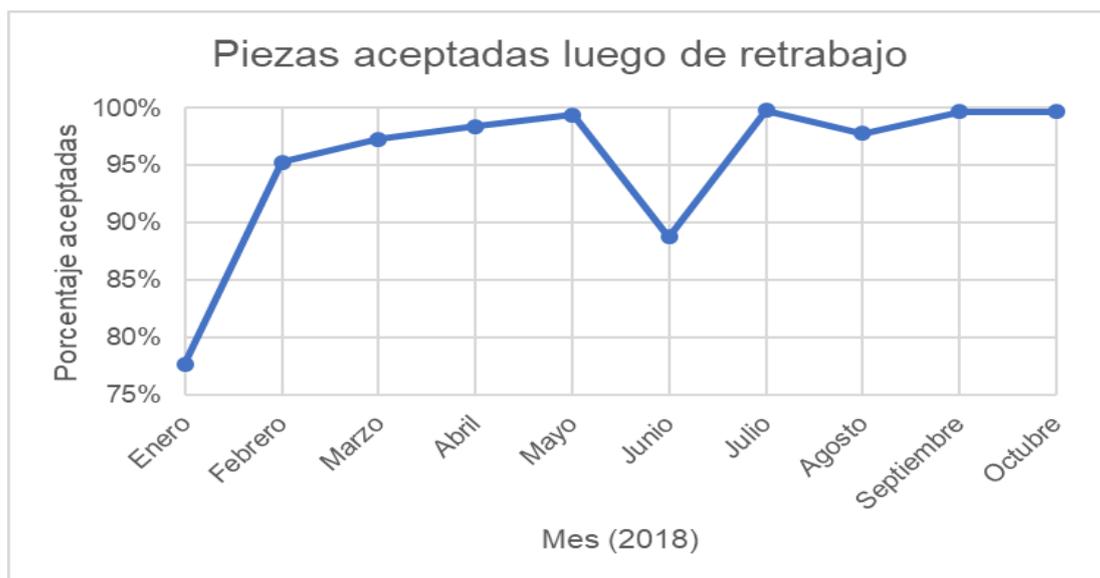


Figura IV.4: Piezas aceptadas luego de retrabajo.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme



Figura IV.5: Kilos de acero fundido.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

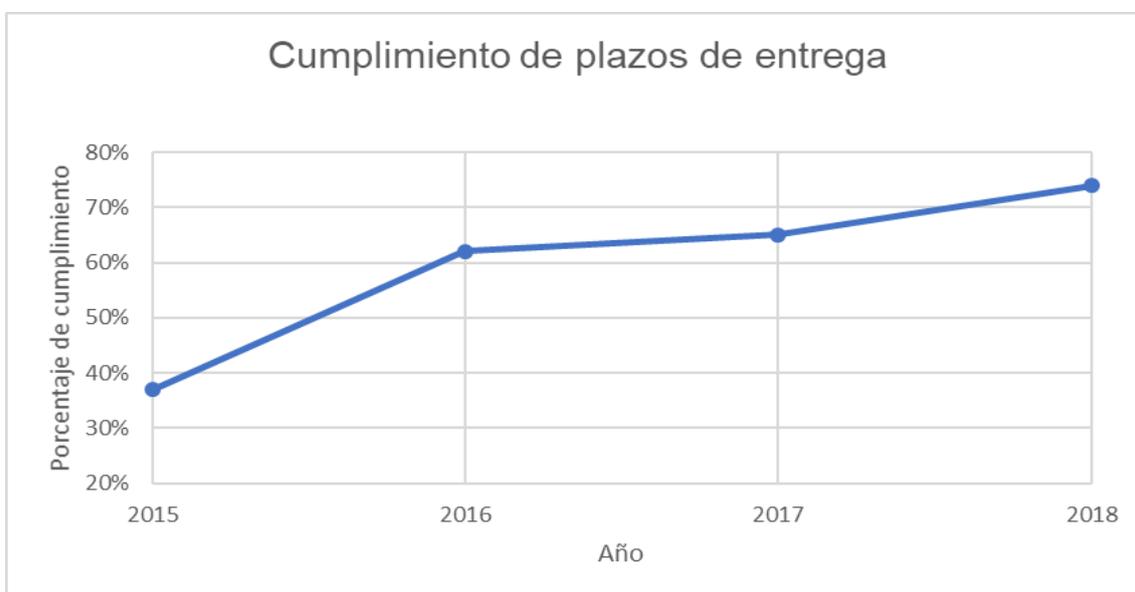


Figura IV.6: Cumplimiento de plazos de entrega.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa.

V. Anexo V: Método de evaluación y seguimiento de proveedores

A continuación, en la tabla V.1 se presenta la planilla individual para realizar el seguimiento de los proveedores. En ella queda un historial de las distintas relaciones que se tuvo con cada proveedor, que servirá como apoyo para realizar las evaluaciones semestrales de los proveedores.

En cuanto a los factores, para puntuarlos se utiliza la tabla 16 desarrollada en la sección 3.6.5.

Propuesta de mejora del proceso de producción por Microfusión de piezas de acero en una Pyme

VI. Anexo VI: Planilla de piezas devueltas por los clientes

A continuación, en la tabla VI.1, se presenta un posible ejemplo de una planilla para recolectar información acerca de las piezas devueltas.

<i>(logo empresa)</i>				<i>REGISTRO DE PIEZAS DEVUELTAS</i>				
<i>Fecha</i>	<i>Cliente</i>	<i>Cód. pieza</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Causa</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Solución</i>	<i>Firma responsable</i>	<i>Firma cliente</i>

Tabla VI.1: Planilla de registro de piezas devueltas.

Fuente: Elaboración propia.