

Estudio del Proceso de Fundición de Aluminio por Gravedad para la Fabricación de Herrajes Eléctricos y Propuesta de Plan de Mejoramiento en Metallan S.A.S.

Laura Catalina Silva Muñoz

ID Estudiantil No: 246844

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2018

Estudio del Proceso de Fundición de Aluminio por Gravedad para la Fabricación de Herrajes Eléctricos y Propuesta de Plan de Mejoramiento en Metallan S.A.S.

Laura Catalina Silva Muñoz

ID Estudiantil No: 246844

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Director del Proyecto:

Andrés Acevedo Ojeda

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2018

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. Generalidades de la empresa	2
2. Delimitación del problema	4
3. Antecedentes.....	5
4. Justificación.....	8
5. Objetivos	12
5.1. Objetivo general.....	12
5.2. Objetivos específicos	12
6. Marco teórico.....	13
6.1. Clasificación de los procesos de fundición	13
6.1.1. Fundición en arena.	13
6.1.2. Fundición por coquilla manual.	14
6.1.3. Fundición por coquilla semiautomática.	14
6.1.4. Fundición por coquilla automatizada.	14
6.1.5. Fundición por inyección.....	14
6.1.6. Fundición centrifuga.	15
6.2. Máquina basculante.....	15
6.3. Molde de fundición	16
6.4. Tipos de horno para la fundición de aluminio	16
6.4.1. Hornos de crisol móvil.	16
6.4.2. Hornos de crisol fijo.....	17
6.4.3. Hornos basculantes.	17
6.4.4. Hornos de crisol inmerso.....	17
6.4.5. Hornos rotativos de crisol.....	17
6.5. Partes de un molde	18

6.5.1.	Bebedero.....	18
6.5.2.	Mazarotas.	18
6.5.3.	Canal de colada o distribuidores.....	18
6.5.4.	Machos.	18
6.5.5.	Caja de moldeo.	18
6.6.	Defectos provocados por la contracción	19
6.6.1.	Rechupes.	19
6.6.2.	Tensiones internas.....	19
6.6.3.	Inclusiones.....	19
6.6.4.	Segregaciones.	20
6.6.5.	Gotas frías.....	20
6.7.	Tratamientos térmicos que se pueden aplicar al aluminio y sus aleaciones.....	20
6.7.1.	Recocido de ablandamiento – estabilización.....	21
6.7.2.	Recocido total – homogeneización.	21
6.7.3.	Endurecimiento por precipitación.....	21
6.8.	Distribución de planta	22
6.8.1.	Metodología SLP.	23
7.	Diseño metodológico	25
7.1.	Actividades por desarrollar.....	25
7.1.1.	Diagnóstico.....	25
7.1.2.	Diseño	27
7.1.3.	Propuesta de implementación.....	28
8.	Estado del arte fundición de aluminio por gravedad en coquilla.....	29
8.1.	Datos generales del aluminio.....	29
8.2.	Características mecánicas del aluminio	30
8.3.	Producción mundial de aluminio en los últimos años.....	31
8.4.	Chatarra	32
8.5.	Selección de chatarra para garantizar la calidad.....	33

8.6.	Aplicaciones actuales del uso del aluminio.....	35
8.7.	Aleaciones del aluminio	37
8.8.	El arte de la fundición	37
8.9.	La fundición de aluminio por gravedad en coquilla	38
8.10.	Partes importantes de la fundición de aluminio por gravedad en coquilla.....	39
9.	Diagnóstico actual del proceso de FAGC en cuanto a la distribución de planta, nivel de estandarización de procesos de producción, tecnología utilizada, programas de mantenimiento de equipos industriales, y sistema de control de calidad	41
9.1.	Presentación general del proceso productivo	41
9.2.	Distribución de planta actual en METALLAN S.A.S	42
9.3.	Video del proceso actual en la empresa METALLAN S.A.S.	43
9.4.	Situación Actual de Proceso a Proceso	43
9.4.1.	Limpieza de coquilla.	45
9.4.2.	Alistamiento de horno.....	46
9.4.3.	Llenado de crisol.....	48
9.4.4.	Calentamiento de horno	48
9.4.5.	Pre calentamiento de coquilla.....	49
9.4.6.	Preparación coquillas	49
9.4.7.	Limpieza del aluminio fundido en el crisol.....	49
9.4.8.	Ensamble de coquillas.....	50
9.4.9.	Llenado de coquillas	50
9.4.10.	Desensamble de coquilla.....	51
9.4.11.	Enfriado.....	51
9.4.12.	Perfilado del producto	51
9.4.13.	Ensamble contra pesas	52
9.4.14.	Ensamble final	53
9.5.	Evaluación del proceso en general.....	53

9.5.1.	¿La empresa cuenta con la documentación acerca del proceso que se debe llevar a cabo a la hora de realizar el proceso de FAGC?.....	53
9.5.2.	¿Los operarios han sido capacitados de manera correcta para poder llevar a cabo el proceso de FAGC y poder obtener una mejor calidad en el producto final?	54
9.5.3.	¿Es la tecnología utilizada para el proceso de FAGC la adecuada teniendo en cuenta los pedidos de los clientes?.....	54
9.5.4.	¿La empresa cuenta actualmente con programas de mantenimientos de los equipos industriales utilizados en el proceso de FAGC?	55
9.5.5.	¿La empresa cuenta con un sistema de control de calidad establecido para el proceso de FAGC?.....	56
9.5.6.	METALLAN S.A.S cuenta con una sección de FAGC limpia donde los operarios puedan tener un buen ambiente de trabajo y un buen desempeño?	57
10.	Estado actual de capacidad de producción, productividad y calidad	58
10.1.	Capacidad instalada (fase uno):	60
10.2.	Capacidad efectiva (fase uno):.....	60
10.3.	Productividad (fase uno):	61
10.4.	Capacidad instalada (fase dos):	62
10.5.	Capacidad efectiva (fase dos):.....	62
10.6.	Productividad (fase dos):.....	63
10.7.	Calidad.	63
11.	Propuesta de mejora	65
12.	Costos de mejoras tecnológicas	72
12.1.	Cepillos de cerdas de acero motorizados	73
12.2.	Prensa pequeña de banco.....	73
12.3.	Guantes y tapabocas para limpieza de coquillas.....	74
12.4.	Ganchos de acero pre-diseñados y tubo adecuado.....	74
12.5.	Cargador eléctrico	75

12.6. Guantes especiales	75
12.7. Prensa apertura fácil.....	75
12.8. Recipiente elevado para materia prima	76
12.9. Cucharón mejorado (diseño)	76
13. Diseño de planta propuesto	77
14. Estudio de tiempos.....	79
15. Estimación de capacidad de producción, productividad y calidad después de la aplicación de las mejoras propuestas.....	80
15.1. Capacidad instalada estimada (fase uno)	80
15.2. Capacidad efectiva estimada (fase uno).....	81
15.3. Productividad estimada (fase uno).....	81
15.4. Capacidad instalada estimada (fase dos).....	82
15.5. Capacidad efectiva estimada (fase dos)	83
15.6. Productividad estimada (fase dos)	83
15.7. Calidad estimada.....	83
16. Sistema de mantenimiento de equipos	85
16.1. Plan anual de mantenimiento.....	85
16.2. Ficha preventiva.....	86
16.3. Realización de la actividad.....	86
16.4. Hoja de vida.....	86
16.5. Ficha técnica.....	86
17. Manual de estandarización y capacitación	87
18. Conclusiones y recomendaciones	91
Lista de referencias	94

Anexos.....97

Lista de Figuras

Figura 1. Estructura organizacional METALLAN S.A.S	2
Figura 2. Producción de aluminio primario y secundario durante los años 1950-2008.....	32
Figura 3. Fase uno del proceso de FAGC con tiempos actuales.....	60
Figura 4. Fase intermedia del proceso de FAGC con tiempos actuales.....	61
Figura 5. Fase dos del proceso de FAGC con tiempos actuales.....	61
Figura 6. Tiempo utilizado para la producción total.....	63
Figura 7. Fase uno del proceso de FAGC con tiempos estimados.....	80
Figura 8. Fase intermedia del proceso de FAGC con tiempos estimados.....	81
Figura 9. Fase dos del proceso de FAGC con tiempos estimados	82
Figura 10. Proceso básico del plan de mantenimiento de equipos.. ..	85

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Producción mundial de Aluminio 2016/2017.	31
Ilustración 2. Partes importantes de la fundición de aluminio por gravedad	39
Ilustración 3. Distribución de planta actual en METALLAN S.A.S.	42
Ilustración 4. Canasta con lingotes de aluminio.	48
Ilustración 5. Ensamble de coquillas.	50
Ilustración 6. Producto final.	52
Ilustración 7. Plan actual de mantenimiento de equipos del proceso de FAGC en METALLAN S.A.S.	55
Ilustración 8. Certificación ISO 9001; 2008 METALLAN S.A.S.....	57
Ilustración 9. Diagrama de operaciones de FAGC.	58
Ilustración 10. Mototool con cepillos de cerdas de acero.	73
Ilustración 11. Prensa pequeña de banco.....	73
Ilustración 12. Guantes de látex.....	74
Ilustración 13. Tapabocas.....	74
Ilustración 14. Ganchos de acero y tubo adecuado para crisol.....	74
Ilustración 15. Cargador eléctrico.....	75
Ilustración 16. Guantes especiales para la sierra sin fin.....	75
Ilustración 17. Sistema de manipulación de la coquilla.....	75
Ilustración 18. Elevador para materia prima.	76
Ilustración 19. Cucharón.	76
Ilustración 20. Propuesta Diseño de Planta Vista Lateral..	78
Ilustración 21. Propuesta Diseño de Planta Vista Superior.....	78

Lista de Tablas

Tabla 1. Tiempos actuales por cada operación.....	44
Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación.....	45
Tabla 3. Propuestas de mejora.....	65
Tabla 4. Aporte por cada propuesta de mejora.....	69
Tabla 5. Costos por propuesta tecnologica.....	72
Tabla 6. Estudio de tiempos.....	79

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTUDIO DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR GRAVEDAD PARA LA FABRICACIÓN DE HERRAJES ELÉCTRICOS Y PROPUESTA DE PLAN DE MEJORAMIENTO EN METALLAN S.A.S.

AUTOR(ES): Laura Catalina Silva Muñoz

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR(A): Andrés Felipe Acevedo Ojeda

RESUMEN

El presente trabajo presenta el diseño y la propuesta de un plan de mejoramiento para el proceso de Fundición de Aluminio por Gravedad en Coquilla (FAGC) para la fabricación de herrajes eléctricos en la empresa METALLAN S.A.S. Para esto, se implementan las siguientes etapas: se realiza un diagnóstico inicial del proceso en la empresa; a partir de dicho diagnóstico realizado, se realiza un proceso de diseño de un nuevo proceso de FAGC involucrando las mejoras que durante el diagnóstico se vieron necesarias para obtener un mejor producto final; a partir del nuevo diseño de mejora, se realiza la propuesta de implementación de la misma y su estandarización. Como resultado de la implementación de las tres etapas anteriores se desarrolla un manual básico de estandarización y capacitación, y un sistema básico de mantenimiento de equipos. Se estima que al aplicar las mejoras propuestas las capacidades de producción, productividad y calidad incrementen considerablemente. En general, se recomienda tomar como base el presente trabajo y mantener un ritmo continuo de diagnóstico, propuestas de mejora e implantación de las mismas evidenciando el proceso mediante indicadores que conduzcan a la empresa a ser más competitivos en el mercado nacional e internacional.

PALABRAS CLAVE:

Fundición de Aluminio, estandarización, capacitación, competitividad, HSEQ, productividad

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: STUDY OF THE ALUMINUM GRAVITY CASTING PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF ELECTRICAL FITTINGS AND IMPROVEMENT PLAN PROPOSAL IN METALLAN S.A.S.

AUTHOR(S): Laura Catalina Silva Muñoz

FACULTY: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: Andrés Felipe Acevedo Ojeda

ABSTRACT

This paper presents the design and proposal of an improvement plan for the Aluminum Gravity Casting (AGC) process for the manufacture of electrical fittings in METALLAN S.A.S. For this, the following stages are implemented: An initial process diagnosis is carried out at the company; based on this diagnosis, a design process for a new AGC process is carried out involving the improvements needed and determined in the diagnosis to obtain a better final product; from the new improvement design plan, the implementation proposal and standardization is started. As a result of the implementation of the three previous stages, a basic standardization and training manual and a basic equipment maintenance system are developed. It is estimated that when applying the proposed improvements, the production, productivity and quality capacities will increase considerably. In general, it is recommended to take this work as a starting point and to maintain a continuous habit of diagnosis, improvement, and implementation. This process is proposed to be monitored through the use of the company's indicators of competitiveness within national and international markets.

KEYWORDS:

Aluminum casting, standardization, training, competitiveness, HSEQ, productivity.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se genera partiendo de la creciente necesidad del sector metalmeccánico en el campo de la fundición y específicamente en el proceso de Fundición de Aluminio por Gravedad en Coquilla (FAGC) en Santander para ser más competitivo tanto a nivel regional como nacional.

El creciente mercado de productos fundidos aplicados especialmente en el campo eléctrico condujo a la aplicación del conocimiento de la ingeniería industrial al proceso de FAGC que se lleva a cabo actualmente en la empresa METALLAN S.A.S, ubicada en Bucaramanga. Esta empresa permitió evaluar su proceso mediante un diagnóstico que incluyó la determinación de indicadores vitales en cuanto a capacidad de producción, calidad y productividad con el propósito de encontrar propuestas de mejora en las prácticas de manufactura que se materializaron mediante la estandarización del “cómo hacer” cada una de las operaciones del proceso con mayor eficiencia, introduciendo algunos equipos básicos y sencillos que apoyan mayor seguridad y salud del operario e incrementan notoriamente la productividad y calidad.

Como resultado final de este proyecto, se anexa un manual de estandarización y guías de capacitación interna que incluye la propuesta de mejora del proceso productivo y la administración de los mismos. Se espera que esta guía básica de plan de mejoramiento no solo funcione para la empresa METALLAN S.A.S, sino que otras empresas puedan adaptar su implementación y mejorar sus capacidades de producción, productividad y calidad, así como el entrenamiento de los operarios.

1. Generalidades de la empresa

- Nombre de la Empresa: METALLAN S.A.S
- Actividad Económica / Productos y Servicios:

METALLAN S.A.S. es una empresa santandereana creada para atender el mercado del sector eléctrico y de la construcción, a nivel Nacional e Internacional.

Ubicada en la ciudad de Bucaramanga, la empresa se ha caracterizado por una alta variedad de productos y servicios, lo que le provee una ventaja competitiva en el mercado. METALLAN S.A.S. fabrica y comercializa herrajes eléctricos y además ofrece diferentes servicios como: galvanizado en caliente, troquelado, punzonado¹ y corte, dobléz, forjado, taladrado, y soldadura.

- Número De Empleados:

A septiembre de 2017 la empresa cuenta con 26 profesionales trabajando en el área administrativa y operativa.

- Estructura Organizacional:

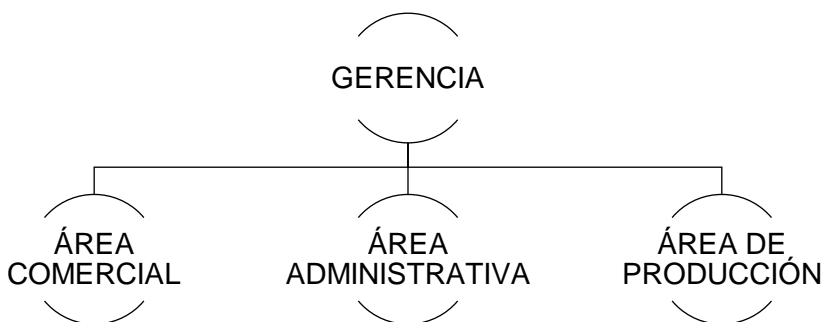


Figura 1. Estructura organizacional METALLAN S.A.S

¹ Punzonado: proceso mecánico de alta precisión de corte de figuras simples en láminas de acero de bajo carbono, galvanizadas, pintadas, inoxidable y aluminio; que requieren perforaciones con geometrías determinadas (<https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Procesos/Punzonado>).

- Teléfono: 6977986
- Celular: 3165236183
- E-Mail: Comercial@Metallan.com.co
- Dirección: Calle 5 #15^a – 45 Bucaramanga
- Área Específica de Trabajo: Área de Producción.
- Nombre Y Cargo Del Supervisor Técnico: Nelson Rueda – Gerente de planta.

2. Delimitación del problema

METALLAN S.A.S, con tres años de existencia en el mercado, ha constatado mediante el comportamiento de éste y los actuales clientes que, para poder tener opción de crecimiento y desarrollo en el mercado nacional de herrajes eléctricos, necesita completar el portafolio base de productos. Específicamente, la empresa proyecta que si logra tecnificar el proceso de Fundición de FAGC para la fabricación de herrajes eléctricos de alta calidad, obtendría una fortaleza competitiva adicional para cubrir un vacío existente en el mercado.

Actualmente, el procedimiento de FAGC en METALLAN S.A.S. se lleva a cabo de manera empírica: sin tecnificación ni estandarización de los procesos y sin una apropiada experticia del personal. Lo anterior atenta contra la eficiencia del proceso y contra la calidad del producto final. Por ende, se hace evidente la necesidad de estudiar y proponer un plan de mejoramiento para el actual proceso de FAGC que involucre el diseño de procedimientos y de distribución de planta, la identificación de la tecnología y maquinaria pertinente, y la propuesta de mecanismos de evaluación, control de calidad, y de capacitación interna.

Por lo anterior, el presente proyecto busca, entre otros objetivos, responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué aspectos tecnológicos y procedimentales conformarían un plan de mejoramiento para el proceso de FAGC para la fabricación de herrajes eléctricos en METALLAN S.A.S, que propicie una mejora en los niveles de productividad y calidad en los productos y permita el ingreso a este mercado?

3. Antecedentes

En Colombia, la información que se puede obtener acerca del proceso de fundición de piezas de aluminio en coquilla por gravedad es muy limitada. Pablo Carrizosa Isaza de la Universidad EAFIT en el año 2007 realiza el estudio de "Modelación y análisis de un molde para fundición de aluminio por coquilla". En este trabajo se muestra cómo se desarrolla la fundición de aluminio por Coquilla de un sartén junto con los pasos a seguir y la información que se debe tener en cuenta para poder conseguir un buen diseño del molde; por otro lado, este trabajo resalta la importancia de tener un molde de calidad, ya que permite mayores volúmenes de producción. Los resultados más importantes que arrojó este estudio fueron:

Sería interesante instalar un control de temperatura para los moldes mientras se encuentren en producción, para evitar que el exceso de carga térmica genere defectos como agujeros, macro-porosidades y microporosidades en las piezas producidas. Adicionalmente se garantizaría una mayor vida útil para el molde, evitando agrietamientos y deformaciones en el metal. Si se diseña un sistema de refrigeración para ubicar en los moldes, se podría incrementar la productividad, ya que se reducirían los tiempos de solidificación y se controlaría la temperatura del molde pudiendo exigirlo aún más (Carrizosa, 2007).

El software Vulcan permite la simulación de procesos de fundición de aluminio por gravedad, proceso de llenado y la solidificación de las piezas, es por esto que Javier Martín Fernández de la Universidad Politécnica de Cataluña llevó a cabo el proyecto de "Simulación de una Pieza Obtenida por Fundición Metálica" en 2011, la cual consiste en diseñar un molde de fundición de una pieza y garantizar que la pieza se encuentra dentro de las tolerancias IT7; por

otro lado el proyecto cuenta con una breve explicación de la utilización del software el cual ayuda a identificar la viabilidad del proceso hasta optimizarlo. La investigación y el uso del software arrojaron los siguientes resultados:

Entre las ventajas del moldeo en coquilla por gravedad, sobre el moldeo en arena, cabe destacar: Mayor precisión, superficies mejor acabadas y con menos rebarbado, menor mecanizado, se obtiene una estructura más densa y compacta y propiedades mecánicas más elevadas, la producción es más rápida, mejores acabados interiores y mayores dimensiones de las piezas. Algunos inconvenientes son: El alto coste de la realización del molde, solo resulta económico si se realizan series elevadas; se podría producir una contaminación del metal por fusión de parte del crisol y del molde. Por esto sólo se utiliza en aleaciones de plomo, estaño y aluminio y en casos en que las impurezas de hierro no perjudiquen al uso de la pieza. Gracias a la utilización del programa Vulcan, como herramienta de simulación, se ha logrado realizar el proceso de fundición por gravedad de una forma rápida, efectiva y eficaz (Fernández, 2011).

En el 2012 Noemí Játiva Cárdenas llevó a cabo el proyecto de “Diseño de la Distribución de la Nueva Planta en la Empresa Maldonado García Maga”. Este estudio consistía en la realización de un diagnóstico de la distribución actual por medio de información obtenida mediante observación, toma de tiempos, localización, distancias entre áreas, procesos de manufactura, sistemas de producción, equipo y maquinaria utilizados para el proceso de fabricación; después se aplica la metodología *Systematic Layout Planning* y se compara la productividad entre estas dos y se determina si la metodología SLP funciona. Los resultados adquiridos fueron los siguientes:

La presente tesis evidencia que la metodología usada para encontrar una distribución en planta óptima puede ser aplicada a cualquier clase de proceso productivo. Al analizar un proceso, cualquier actividad que no agrega valor al mismo, debe ser suprimida, minimizando así los costos de transporte y tiempo ocioso. El estudio realizado provocó una optimización en los procesos productivos, ya que permite tener una empresa más eficiente y segura (Játiva, 2012).

4. Justificación

El Ingeniero Eduardo Niño, socio fundador de METALLAN S.A.S. y persona con más de 20 años de experiencia en el sector de fundición y metalmecánica en Santander, argumenta que “el departamento ha sido por mucho tiempo pionero en la creación de empresas en dicho sector a nivel nacional” (E. Niño, comunicación personal, 15 de junio de 2017).

Sin embargo, (...) la región ha ido perdiendo importancia gradualmente, ya que no se genera renovación de conocimiento tecnológico y de laboratorios, los cuales son de gran importancia para la verificación de la calidad de los procesos y de los productos” (E. Niño, comunicación personal, 15 de junio de 2017).

Según Niño, “los fundidores con los que cuenta Santander utilizan conocimiento desactualizado adquirido hace diez años, el cual se ha ido modificando con la práctica” (E. Niño, comunicación personal, 15 de junio de 2017). No es posible determinar si el proceso ha sido mejorado o si ha empeorado, ya que la calidad de la fundición no se ha verificado con instrumentación, sino de manera subjetiva. A pesar de esto, hay empresas que realizan esfuerzos importantes para luchar contra la falta de infraestructura tecnológica de la región, pero su desarrollo se dificulta por la falta de conocimiento en el área.

Esta situación infraestructural y tecnológica de Santander no permite desarrollar proyectos importantes que favorezcan la economía del país como lo sería un plan serio de sustitución de importaciones de repuestos y partes de equipos que no se desarrollan ni en la región, ni en el país, o la posibilidad de producir maquinaria y equipo de tecnología básica.

Hay cuatro procesos que permiten el nacimiento de productos: la troquelaría, la fundición, la forja y la laminación o extrusión; estos procesos a su vez dan vida a la metalmecánica y el tratamiento de superficies; con esto crean autopartes, cubiertos, electrodomésticos, artículos deportivos, estructuras, líneas de energía eléctrica, etc. La fundición y la metalmecánica son procesos transversales a todas las industrias, es por esto que, si no se tiene este desarrollo y conocimiento, es muy difícil plantear el desarrollo productivo de la región, ya que todo hay que importarlo o traerlo de otras regiones del país.

METALLAN S.A.S cuenta con la experiencia en el área metalmecánica que conforma actualmente el 60% del portafolio de productos necesarios para ser competitivos en la industria, pero carece de los conocimientos en los procesos de fundición de hierro nodular y FAGC, los cuales se requieren para llevar a cabo el restante 40% de la producción del portafolio de productos. Los productos en hierro nodular se lograron mediante una alianza estratégica con Metal Green, que dispone de una infraestructura tecnológica muy importante, pero carecen de conocimiento tecnológico e instrumentación para asegurar la calidad de sus productos. Los productos de FAGC se trataron de producir con el apoyo de empresas y personas que se suponía tenían el mejor conocimiento en el tema, pero los resultados no fueron los esperados debido al desconocimiento en el diseño y fabricación de coquillas, el manejo de la aleación y la infraestructura de hornos y coquilladoras sobre lo cual solo videos es posible conseguir. Actualmente METALLAN S.A.S. compra a productores y distribuidores de Bogotá, Medellín y Cali para revender, conformando así una oferta poco atractiva y de muy pocas posibilidades de crecimiento en el mercado nacional. Con el agravante que los tiempos de entrega son muy largos, lo cual va en contravía de las necesidades del mercado.

Actualmente en Santander, existe una creciente demanda en piezas de aluminio, la cual no puede satisfacerse ya que ninguna empresa cuenta con la información necesaria sobre su proceso de fabricación, razón por la cual la empresa se ve en la necesidad de implementar nuevas técnicas de fundición con el fin de consolidarse como un fuerte productor y competidor de esta industria (E. Niño, comunicación personal, 15 de junio de 2017).

La finalidad de tecnificar el proceso de FAGC es contribuir a la empresa con el propósito de que los productos fundidos tengan competitividad nacional e internacional, y así completar un portafolio base de productos que ayude al desarrollo regional.

METALLAN S.A.S ha estado investigando desde su creación acerca de la fundición de aluminio por gravedad en coquilla y ha constatado los siguientes puntos de especial importancia:

- No existe en la región un taller de FAGC que produzca artículos de calidad.
- No existe en la región el conocimiento necesario para construir una planta de FAGC productiva, rentable y con la infraestructura tecnológica requerida. Es por esto que tampoco se tiene conocimiento o experiencia en el diseño y fabricación de coquillas para la fundición por gravedad.
- No se dispone por tanto de una guía para la estandarización del proceso en interés.
- No existe en la región un servicio de pruebas metalúrgicas que permitan verificar en tiempos cortos la calidad y características de las aleaciones y productos que se realizan.
- Las empresas que a nivel nacional tienen este conocimiento, son muy cuidadosas de salvaguardarlo y por lo tanto cada empresa que incursione en este tema debe hacer todo el proceso de desarrollo tecnológico propio.

Si la empresa decide aplicar el plan de mejoramiento para el proceso de FAGC propuesto en este proyecto, algunos de los aspectos que se buscan con la implementación son:

- Obtener un proceso de producción más tecnificado para la región en lo que respecta a la FAGC.
- La mano de obra de la empresa con la capacitación más adecuada para poder llevar a cabo el proceso de FAGC y obtener un producto de mejor calidad que el actual.
- Adquirir la tecnología necesaria para llevar a cabo un mejor proceso de FAGC en la empresa.

Es por esto que este proyecto favorecería a METALLAN S.A.S, ya que la empresa lograría una ventaja de costo absoluto respecto a las empresas de la industria establecidas en Santander y respecto a competidores potenciales en la región. Para poder obtener esta ventaja de costo absoluto es importante llevar a cabo una investigación para construir y tecnificar el proceso de FAGC que se lleva a cabo en la empresa, realizar un análisis de capacidad de producción y productividad, además de establecer los mejores criterios de selección de las máquinas a implementar que ayuden a la productividad y a la reducción de costos.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Diseñar y proponer un plan de mejoramiento para el proceso de FAGC para la fabricación de herrajes eléctricos en METALLAN S.A.S.

5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de FAGC en cuanto a la distribución de planta, nivel de estandarización de procesos de producción, tecnología utilizada, programas de mantenimiento de equipos industriales, y sistema de control de calidad.
- Identificar el estado actual de capacidad de producción, productividad y calidad del proceso de FAGC.
- Diseñar propuesta de mejora de procesos, procedimientos, y distribución de planta del taller de FAGC y estimar niveles resultantes de capacidad de producción, productividad y calidad del proceso.
- Diseñar un manual de capacitación interna que incluya la propuesta de los nuevos procesos productivos y la administración de los mismos.

6. Marco teórico

En este marco teórico se podrá encontrar información acerca de los diferentes procesos de fundición que se pueden llevar a cabo según los metales a fundir y el volumen de pedidos que la empresa tenga. La tecnología que se puede emplear cuando se funde a gran escala. Los moldes de fundición que se dividen en el lado macho y en el lado hembra, y algunas de sus características. Los tipos de horno que se pueden implementar para la fundición de aluminio, y cómo funcionan durante el proceso. Las principales partes de un molde como lo son el bebedero, las mazarotas, el canal de colada o distribuidores, los machos y la caja de moldeo. Los defectos provocados por la contracción al pasar de estado líquido a estado sólido. Los tratamientos térmicos que se pueden aplicar al aluminio y sus aleaciones para mejorar sus propiedades. La distribución de planta y la importancia de su planificación e implementación en las empresas para optimizar procesos.

6.1. Clasificación de los procesos de fundición

La fundición es utilizada dentro del mundo de los metales para dar forma a infinidad de artículos que son de fundamental importancia para la vida diaria, desde objetos de uso doméstico, hasta piezas que se utilizan en la industria aeroespacial, siendo su uso más común el de partes que intervienen en los procesos de producción de casi todos los tipos de industria (Carrizosa, 2007, p. 14).

6.1.1. Fundición en arena.

En la fundición en arena, los moldes no son permanentes. Para formar el espacio vacío a llenar con el metal, se utiliza un modelo o en ocasiones una terraja, Los moldes pueden prepararse a mano, o con ayuda de una máquina (Carrizosa, 2007, p. 15).

6.1.2. Fundición por coquilla manual.

En este sistema, se cuenta exclusivamente con la hembra y el macho del molde, que son cerrados y asegurados manualmente por un operario, de igual forma este operario llena el molde con el metal líquido, para posteriormente abrirlo y extraer la pieza conformada (Carrizosa, 2007, p.16).

6.1.3. Fundición por coquilla semiautomática.

Aquí el molde es montado sobre una máquina basculante, donde pasa de una posición de recepción del material fundido y llenado, a una posición en la que termina de llenarse y se solidifica la pieza. El mecanismo del molde en este sistema es mucho más complejo que en el sistema manual, ya que la máquina basculante no solo realiza los movimientos ya descritos, sino que también abre y cierra el molde y este a su vez expulsa la pieza al estar solidificada. Este es un sistema semiautomático, debido a que se requiere de un operario que llene el molde y extraiga la pieza conformada (Carrizosa, 2007, p. 17).

6.1.4. Fundición por coquilla automatizada.

Se utiliza principalmente en empresas de gran tamaño con altos niveles de tecnificación y altos volúmenes de producción. Aquí, el metal fundido es dosificado en el molde por un sistema automático en una proporción exacta y sin la necesidad de un operario que realice dicha labor (Carrizosa, 2007, p. 18).

6.1.5. Fundición por inyección.

Para metales con punto de fusión bajo como el aluminio, latón, bronce, magnesio, zamac, estaño, que son metales no ferrosos, se pueden emplear métodos de fundición que permiten mejores acabados superficiales e incrementar los niveles de productividad (RAMSDEN@, 2006), la mayoría de estos métodos constan de un molde que permite ser reutilizado durante un gran

número de ciclos, es el caso de la inyección para metales como el zamac, el aluminio o el magnesio, en el cual el material se introduce a alta presión dentro de un molde metálico logrando un llenado prácticamente perfecto de la cavidad (GERLING, 1979), (Carrizosa, 2007, p. 19).

6.1.6. Fundición centrífuga.

El proceso de colada centrífuga es adecuado para la fabricación de cuerpos de revolución huecos, por ejemplo, tubos, cilindros, casquillos y cojinetes (GERLING, 1979). Se hace girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrífuga para acomodar el metal en el molde. Se obtienen mayores detalles sobre la superficie de la pieza y la estructura densa del metal adquiere propiedades físicas superiores. Las piezas de forma simétricas se prestan particularmente para este método, aun cuando se pueden producir otros muchos tipos de piezas fundidas (INDUSTRIALUSM@) (Carrizosa, 2007, p. 20).

6.2. Máquina basculante

La máquina basculante en la fundición de aluminio por coquilla semiautomática es la que se encarga de soportar el molde por medio de un sistema de amarre, en el que cada lado del molde hembra y macho respectivamente son sujetados a la máquina, para posteriormente ser alineados y asegurados. La máquina basculante posee dos pistones hidráulicos, uno que rota el molde 90° de una posición en la que recibe el aluminio fundido, a otra posición en la que el molde se ha llenado y cumple el tiempo de solidificación.

El otro pistón se encarga de abrir y cerrar el molde. Al ser accionada la máquina por parte del operario luego de éste haberle introducido el aluminio fundido, se activa un control de tiempo que comienza a contar el ciclo de solidificación de la pieza y luego de adoptar la posición final de llenado y esperar el tiempo

correspondiente a la solidificación, el sistema se abre automáticamente para que la pieza pueda ser extraída (Carrizosa, 2007, pp. 24-25).

6.3. Molde de fundición

El molde para fundición de aluminio por coquilla se puede dividir en lado macho y lado hembra principalmente, el lado hembra se ancla sobre el extremo fijo de la máquina basculante, ya que éste solo contiene la hembra del molde y la coquilla y no requiere realizar ningún movimiento más que el de 90° que hace la máquina.

Por otra parte, el lado macho del molde es quien posee los canales de alimentación al igual que el sistema de expulsión y recuperación, por lo que se encuentra ubicado en la parte móvil de la máquina, que al hacer el movimiento de apertura acciona los pines expulsores que son los que empujan la pieza para que pueda ser retirada. Posteriormente al cerrarse el molde los pines recuperadores hacen contacto con el lado hembra del molde, para que los pines expulsores regresen a su posición original (Carrizosa, 2007, pp. 25-26).

6.4. Tipos de horno para la fundición de aluminio

Para la fundición de aluminio se pueden utilizar diferentes tipos de horno como lo son el horno de crisol móvil, horno de crisol fijo, hornos basculantes, horno de crisol inmerso y el horno rotativo de crisol.

6.4.1. Hornos de crisol móvil.

El crisol es removido del horno y llevado hasta los moldes para vaciar el metal. Este horno se puede construir sobre o bajo el nivel del suelo (Pando & Zapatán, 2012, p. 76).

6.4.2. Hornos de crisol fijo.

“El metal es retirado del crisol con cucharas y transferido a los moldes.^[11] Se utilizan, principalmente, para fundición bajo presión, donde se necesitan pequeñas cantidades a intervalos frecuentes” (Pando & Zapatán, 2012, p. 76).

6.4.3. Hornos basculantes.

Son hornos movibles apoyados sobre un sistema de sustentación. Usualmente se les utiliza cuando es necesaria una producción relativamente grande de una aleación determinada. El metal es transferido a los moldes en una cuchara o un crisol precalentado, con la excepción de casos especiales en que es vaciado directamente (Pando & Zapatán, 2012, p. 77).

6.4.4. Hornos de crisol inmerso.

Es el inverso del horno normal de crisol, en el sentido de que la llama quema dentro del crisol que está inmerso en el baño de aleación de zinc o aluminio, el cual se encuentra en un recipiente refractario (Pando & Zapatán, 2012, p. 77).

6.4.5. Hornos rotativos de crisol.

Se utilizan para la recuperación de viruta, escoria y otros tipos de chatarra menuda, el horno contiene un crisol con forma de garrafa. El cuerpo del horno y el crisol giran constantemente durante la fusión, trayendo el metal para el lado caliente del crisol y tirando la limadura no fundida hacia adentro y abajo del metal ya fundido. De esta forma, la rotación proporciona una fusión más rápida y también evita la adhesión de la carga a las paredes del crisol, como ocurre frecuentemente con los hornos convencionales (Pando & Zapatán, 2012, p. 77).

6.5. Partes de un molde

Las principales partes de un molde son el bebedero, las mazarotas, el canal de colada o distribuidores, los machos y la caja de moldeo.

6.5.1. Bebedero.

“Es el canal del cual se alimenta con el metal fundido al molde” (Fernández, 2011, p. 19).

6.5.2. Mazarotas.

Son depósitos de metal fundido que sirven para compensar la contracción del metal de la pieza en el momento de la solidificación. Durante la colada y con el objetivo de evitar que se creen cavidades por la contracción del metal, se rellenan y guardan el metal líquido durante más tiempo, éste alimenta la pieza durante la solidificación e impide la formación de cavidades (Fernández, 2011, p. 19).

6.5.3. Canal de colada o distribuidores.

“Son los canales por donde se realizará el llenado del molde. Son canales de distribución de la colada que se comunican directamente con el bebedero” (Fernández, 2011, p. 19).

6.5.4. Machos.

“Son insertos introducidos en el molde y permiten realizar el interior de las piezas” (Fernández, 2011, p. 20).

6.5.5. Caja de moldeo.

“Es la caja, rectangular o circular, en ella se colocarán todos los elementos citados anteriormente” (Fernández, 2011, p. 20).

6.6. Defectos provocados por la contracción

Debido a la variación del volumen causada por la contracción de la aleación al pasar de estado líquido a estado sólido con cierta frecuencia se pueden observar defectos tales como rechupes, tensiones internas, inclusiones, segregaciones y gotas frías.

6.6.1. Rechupes.

Los rechupes surgen a consecuencia de fallos por compensar la contracción líquida y la solidificación. Su eliminación se puede realizar mediante diseños adecuados. La manera de evitar que se forme en el interior de las piezas, mediante el uso de mazarotas o la solidificación dirigida, utilizar espesores constantes y uniformes (Fernández, 2011, p. 23).

6.6.2. Tensiones internas.

Las tensiones internas son un defecto que puede que no se llegue a detectar cuando se realiza el análisis. Al no ser detectado puede provocar una rotura de la pieza si se realiza una mecanización o una vez mecanizada, en el lugar de trabajo. Estas tensiones internas surgen debido a los esfuerzos interiores que se han dado lugar por la contracción del material en su enfriamiento. También puede provocar alguna deformación la pieza. La única forma de eliminar las tensiones internas es recociendo la pieza (Fernández, 2011, p. 23).

6.6.3. Inclusiones.

Las inclusiones son unos defectos debido a las impurezas que se encuentran en el metal en el momento de la colada.

Las inclusiones producen discontinuidades en la masa metálica y afectan a las propiedades mecánicas.

Existen dos tipos de inclusiones, las que provienen del metal natural y las accidentales. Las naturales están formadas por óxidos y sulfuros, las segundas están formadas por escoria, partículas metálicas, procedente de las paredes del molde (Fernández, 2011, p. 24).

6.6.4. Segregaciones.

Las segregaciones son un defecto que surge como consecuencia de tener un proceso malo de solidificación del material, esto provoca que ciertos elementos de la aleación o impurezas se concentren en regiones de la pieza (Fernández, 2011, p. 24).

6.6.5. Gotas frías.

Las gotas frías son un defecto que surge cuando se realiza la colada directa. Al realizar la colada directa, las gotas salpican, se oxidan y al momento se solidifican. Si al caer el resto de la colada líquida, la temperatura no es lo suficientemente alta para refundirla, las gotas quedan aprisionadas. Si estas gotas están en el exterior de la pieza, durante el proceso de mecanizado deteriorarán las herramientas de corte debido a su elevada dureza (Fernández, 2011, pp. 24-25).

6.7. Tratamientos térmicos que se pueden aplicar al aluminio y sus aleaciones

“Los tratamientos térmicos tienen como objetivo mejorar las propiedades del metal alterando su estructura, permitiendo aumentar la dureza, eliminar tensiones internas, evitar deformaciones” (Fernández, 2011, p. 38).

Algunos de los tratamientos térmicos más importantes son el recocido de ablandamiento (estabilización), recocido total (homogeneización) y endurecimiento por precipitación.

6.7.1. Recocido de ablandamiento – estabilización.

Para efectuar este tratamiento térmico se tiene que calentar el material a una temperatura inferior a la de su recristalización aproximadamente entre 350°C y 450°C para no modificar su estructura interna y así poder eliminar las tensiones residuales que se ha podido producir en el mecanizado, en una conformación en frío o en caliente. La duración de este recocido es de aproximadamente 4 horas y luego se enfría en el horno lentamente (Fernández, 2011, p. 45).

6.7.2. Recocido total – homogeneización.

Para efectuar este tratamiento térmico se tiene que calentar el material entre 450°C-550°C durante 15 a 60 minutos, y así poder homogeneizar la composición química y estructural del material. Es muy importante realizar siempre el enfriamiento lo más lento posible ya que si se realiza lo contrario se podría obtener un endurecimiento indeseable en la aleación (Fernández, 2011, p. 46).

6.7.3. Endurecimiento por precipitación.

Este tipo de tratamiento es el más importante y el que más se suele aplicar en las aleaciones de aluminio ya que se obtiene una mejora en la resistencia mecánica. El endurecimiento por precipitación tiene lugar, fundamentalmente en tres fases: Una primera fase en la que se realiza un calentamiento a una temperatura elevada, provocando que se disuelvan parte de los componentes de la aleación obteniendo un endurecimiento (recocido). En la siguiente fase se realizará un enfriamiento rápido (temple). Y por último, la permanencia de la aleación a la temperatura ambiente o en un horno a baja temperatura, provocará un aumento de la resistencia

a la tracción, del límite elástico y de la dureza al permitir la formación de precipitados (Fernández, 2011, p. 46).

6.8. Distribución de planta

La distribución en planta es el plan, o el acto de planificar, el ordenamiento óptimo de las actividades industriales, incluyendo personal, equipo, almacenes, sistemas de mantenimiento de materiales, y todos los otros servicios anexos que sean necesarios para diseñar de la mejor manera posible la estructura que contenga estas actividades. [...] se trata de hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo que sea la más económica para llevar a cabo el proceso productivo, al mismo tiempo, que la más segura y satisfactoria para los operarios y para el entorno de la planta industrial [...] de modo que sea posible fabricar los productos con un coste suficientemente reducido para poder venderlos con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia (Muther, 1981).

La obtención de una distribución en planta adecuada a las necesidades de la empresa debe ser uno de los objetivos fundamentales de la arquitectura industrial. Mientras que una correcta ordenación de los medios de producción de la empresa, constituye para ésta una importante fuente de ventajas competitivas al tener incidencia directa sobre el coste de los productos fabricados, los tiempos de fabricación, el consumo de recursos energéticos, y sobre la capacidad de adaptación ante los cambios en la demanda, una distribución en planta incorrecta, constituye un grave problema que dificulta los procesos de fabricación, aumenta los costos de

producción y que puede, llegado el momento, dificultar la subsistencia de la empresa (Diego-Mas, 2006, p. 11).

En 1961 Richard Muther fue el primero en elaborar un método sistemático llamado *Systematic Layout Planning* (SLP), el cual es aplicable para la resolución del problema de diseño de planta sin importar su naturaleza.

6.8.1. Metodología SLP.

Es el método propuesto por Muther, conocido como *Systematic Layout Problem* (SLP), se compone por tres etapas (análisis, búsqueda y solución). En la primera etapa, previa formulación del problema, se realiza el estudio de los flujos productivos determinantes para la distribución (flujo de materiales, información, operadores, etc.) y se desarrolla una matriz de relaciones en la que se asigna por pares de instalaciones una etiqueta de acuerdo con la razón de cercanía que refleja la mayor o menor necesidad de situar próximas las secciones de dicho par. Las relaciones de cercanía se representan en el diagrama con los valores de A, E, I, O, U, X, que para cada par de instalaciones significan absolutamente necesario, especialmente importante, importante, indiferente, no importante e indeseable, respectivamente. Seguidamente se realiza una primera aproximación de la distribución satisfaciendo en la medida de lo posible los requerimientos definidos en la matriz de relación. En la segunda etapa, se elabora el diagrama de relaciones espaciales detallando la geometría de cada área e incluyendo los pasillos y requerimientos técnicos. Por último, en la etapa de solución se evalúan cada una de las posibles soluciones encontradas en la etapa anterior, según algún criterio

optimizador, y se define la solución final (Mejía, Wilches, Galofre & Montenegro, 2011, p. 64 y p. 65).

7. Diseño metodológico

El presente proyecto se aplica a la empresa METALLAN S.A.S con el propósito de contribuir a la mejora de la capacidad de producción, calidad y productividad del proceso de FAGC mediante el establecimiento de mejorar prácticas de manufactura mediante la estandarización.

Lo anterior se realizó mediante la implementación de las siguientes etapas:

- Se realiza un diagnóstico del proceso actual que se lleva a cabo en la empresa. Esto se lleva a cabo mediante visitas programadas para observación del proceso de FAGC, toma de tiempos, comunicación con los operarios, gerente de planta y demás involucrados en el proceso.
- Según el diagnóstico, se realiza un proceso de diseño de un nuevo proceso de FAGC involucrando una mejora moderada de tecnología, procesos, procedimientos, control de calidad y distribución de planta del proceso de FAGC.
- A partir del nuevo diseño de mejora realizado en la anterior etapa, se realiza la propuesta de implementación de la misma y su estandarización, lo cual se registra en el Manual de Estandarización y Capacitación.

7.1. Actividades por desarrollar

Las actividades desarrolladas durante el presente estudio se listan a continuación:

7.1.1. Diagnóstico.

- Observar el estado inicial del proceso de FAGC en METALLAN S.A.S:
 1. Realizar visitas a la empresa.
 2. Grabar el proceso de FAGC actual que se lleva a cabo en la empresa.

3. Tomar tiempos.
 4. Tabular tiempos.
- Investigar en la literatura sobre el proceso de producción de FAGC y en casos aplicados:
 1. Seleccionar palabras clave.
 2. Seleccionar bases de datos.
 3. Seleccionar artículos pertinentes.
 4. Lectura y extracción de información aplicable al proyecto.
 - Elaborar un diagnóstico del proceso de FAGC actual en áreas de producción, procedimientos, instructivos, distribución de planta, estado de equipos y entrenamiento del personal involucrado, en METALLAN S.A.S:
 1. Realizar visitas a la empresa para obtener la información necesaria sobre el proceso en sus diferentes áreas.
 2. Identificar el programa adecuado para diseñar la distribución actual de la planta de FAGC.
 3. Diseñar la distribución actual de la planta de FAGC haciendo uso del programa escogido.
 4. Diagnosticar sobre el uso de elementos de seguridad y salud en el trabajo.
 - Calcular niveles de capacidad de producción, productividad y calidad en el proceso actual de FAGC:

1. Determinar y calcular un indicador de productividad según los tiempos tomados en las visitas realizadas a la empresa.
2. Determinar y calcular un indicador de calidad según la información suministrada por la empresa.
3. Determinar y calcular un indicador de producción teniendo en cuenta la información suministrada por operarios y directivos durante las visitas.

7.1.2. Diseño

- Diseñar y proponer mejoras en relación a la tecnología apropiada para el proceso de FAGC:
 1. Identificar el tipo de tecnología viable de adquirir que hace falta en la empresa para poder mejorar el proceso y el resultado de los indicadores.
- Diseñar y proponer mejoras en relación a procesos, procedimientos, y control de calidad del proceso de FAGC:
 1. Compilar propuestas de mejores prácticas en los aspectos de productividad, calidad, seguridad y salud en el trabajo.
- Diseñar y proponer una distribución de planta para llevar a cabo el proceso propuesto de FAGC:
 1. Determinar estrategia de distribución de planta.
 2. Seleccionar programa para evidenciar propuesta.
 3. Diseñar propuesta final de la distribución en planta.

- Simular nuevas prácticas, estimar y calcular el nivel de los indicadores como resultado de la mejora propuesta:
 1. Reunión, tormenta de ideas con las personas involucradas en el proceso productivo para oír propuestas de mejores prácticas.
 2. Definición y consecución de los elementos faltantes para llevar a cabo la simulación.
 3. Llevar a cabo la simulación y realizar la toma y registro de tiempos.

7.1.3. Propuesta de implementación

- Crear un manual para la estandarización de las mejoras propuestas en el proceso de FAGC como resultado del presente proyecto mediante procedimientos e instructivos:
 1. Investigar estructura de manuales que estandaricen procesos de producción, probados y con éxito.
 2. Aplicar las mejores propuestas de formatos a METALLAN S.A.S.
 3. Generar manual estandarizado con las mejoras propuestas.

- Diseñar y proponer un manual básico de capacitación contemplando las mejoras y el mantenimiento de las mismas:
 1. Investigar estructura de manuales de capacitación.
 2. Aplicar las mejores propuestas de formatos a METALLAN S.A.S.
 3. Generar manual de capacitación contemplando las mejoras propuestas.

8. Estado del arte fundición de aluminio por gravedad en coquilla

El aluminio es el metal no ferroso más importante en la industria, gracias a sus propiedades que generan beneficios considerables y que según la investigación realizada para este proyecto logran una reducción económica considerable en los procesos industriales a gran escala.

El uso del aluminio se da de diferentes formas en la industria, esto se debe a que la mayoría de las veces el aluminio es aleado con diferentes elementos químicos. Estas aleaciones entre diferentes elementos químicos logran una mejora en las propiedades mecánicas, y es por esto por lo que, gracias a todas sus ventajas y a su posibilidad de alearse, las aplicaciones del aluminio han llegado a crecer a través de los años, desde el uso para embalajes hasta el uso en la industria Aeroespacial, automotriz y de transporte.

“El aluminio y sus aleaciones están entre los materiales más extensamente utilizados industrialmente, debido a que sus aplicaciones están muy diversificadas” (Palas, 2012, p. 2).

8.1.Datos generales del aluminio

El aluminio es un elemento químico, de símbolo Al y número atómico 13.

El aluminio es un metal no ferroso. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales (Pando y Zapatán, 2012, p. 49).

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2700 kg/m^3) y su

alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero (Pando y Zapatán, 2012, p. 50).

El principal inconveniente para su obtención reside en la elevada cantidad de energía eléctrica que requiere su producción. Este problema se compensa por su bajo coste de reciclado, su dilatada vida útil y la estabilidad de su precio (Pando y Zapatán, 2012, p. 50)

8.2. Características mecánicas del aluminio

A continuación, se plantean a nivel general las características mecánicas del aluminio:

- De fácil mecanizado.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blanco (Escala de Mohs: 2-3).
- Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm² [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm².
- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable (Pando y Zapatán, 2012, p. 50).

8.3. Producción mundial de aluminio en los últimos años

“La producción mundial actual de aluminio se cifra en torno a los cincuenta millones de toneladas. El principal productor mundial es Australia, seguido de China, Brasil e India” (Álvarez, 2017, p. 12).

A continuación, en la Ilustración 1 se puede observar la producción mundial de aluminio de los años 2016 y 2017.

	Production	
	<u>2016</u>	<u>2017^e</u>
United States	841	740
Australia	1,630	1,490
Bahrain	971	960
Brazil	793	800
Canada	3,210	3,210
China	31,900	32,600
Iceland	855	870
India	2,720	3,200
Malaysia	620	760
Norway	1,220	1,220
Russia	3,560	3,600
United Arab Emirates	2,500	2,600
Other countries	<u>8,100</u>	<u>7,900</u>
World total (rounded)	58,900	60,000

Ilustración 1. Producción mundial de Aluminio 2016/2017. Fuente: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2018.

La fabricación del aluminio contempla dos procesos: la producción de aluminio primario o la producción de aluminio secundario. La principal diferencia entre ambos es que, en el primer caso, producimos el metal fundido a partir de la mena de aluminio mientras que en el segundo se obtiene a partir del reciclaje de chatarras de aluminio. (...). Esto es debido principalmente a razones energéticas y por ende, a razones

medioambientales. En la década de los noventa, la producción mundial de aluminio se situaba en torno a los 26 millones de toneladas de los cuales aproximadamente 8 provenían del reciclaje de chatarra. Esta proporción se ha mantenido constante y se estima que para 2020 la producción del metal aumente hasta los 90 millones de toneladas de los cuales un tercio tendrán su origen en el aluminio secundario (Álvarez, 2017, p. 13).

A continuación, en la Figura 2 que se presenta a continuación, se observa la producción de aluminio primario y secundario entre los años 1950 y 2008.

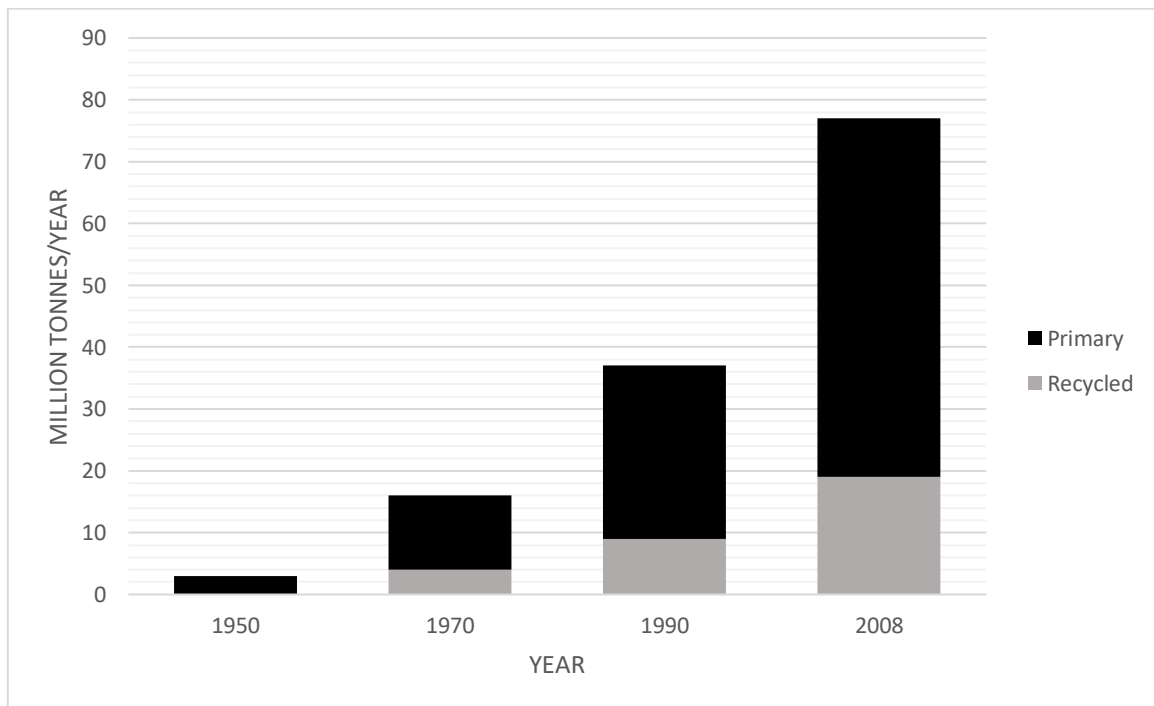


Figura 2. Producción de aluminio primario y secundario durante los años 1950-2008. Fuente: Diseño de una planta de extracción de aluminio. (Álvarez Rodríguez, 2017)

8.4. Chatarra

Ya que el aluminio tiene la ventaja de ser reciclable, en la industria se encuentra la compra y venta de la chatarra del aluminio. Esta chatarra puede ser primaria o secundaria; la primaria son los desechos que quedan de la fabricación del Aluminio puro y la secundaria es la que proviene de productos que se encuentran en la vida cotidiana de

las personas, así como las latas de cerveza, sodas, o como los desechables de aluminio, etc.

8.5. Selección de chatarra para garantizar la calidad

Según Medina (2010), es más viable obtener un incentivo económico como empresa al generar chatarra de aluminio nueva. Por el contrario, al generar chatarra vieja se vuelve más complejo obtener una buena remuneración económica, esto se debe a que resulta más difícil separarla por aleación.

Actualmente no se cuenta con un proceso comercial para clasificar la chatarra según aleación. Debido a esto la chatarra que llega a presentar varias aleaciones distintas solo puede ser reciclada como una aleación.

Debido a la aplicación poco eficiente de regulaciones o controles ambientales en la industria de fundición secundaria, lo cual puede provocar grave contaminación; se genera una mayor dificultad para la recolección y el reciclaje de chatarra de calidad.

Según Medina, la mayoría de los productos de aluminio pueden ser reciclados al terminar su vida útil, sin perder la calidad del metal ni sus propiedades, obteniendo rentabilidad. Es por esto que alrededor del mundo se encuentran organizaciones que incentivan el reciclaje del aluminio (latas y papel de aluminio). También se pueden encontrar países donde disponen de leyes que regulan los materiales de envasado y reciclaje. Es por esto que el reciclado del aluminio es uno de los programas más exitosos de la sociedad y del sector industrial para la preservación de la energía y del medio ambiente.

La chatarra puede ser generada de dos sectores: por la planta de extrusión y por procesos de recolección. La chatarra nueva es la que se genera en la planta de extrusión durante los procesos de fabricación en forma de cortes, recortes y astillas; esta vuelve rápido al proveedor o es reprocesada por la empresa. La chatarra pos-consumo se genera cuando la vida útil de un producto compuesto de aluminio llega a su fin. Por ejemplo, la vida útil de unas latas de bebidas es de algunas semanas, la de los automóviles de 10 a 15 años y la de los edificios de 30 a 50 años. Productos como el papel y el polvo de aluminio son muy difíciles de recuperar.

Para reciclar aluminio se requiere de un sistema de recolección e instalaciones de reprocesamiento, para esto se necesita generar chatarra en volúmenes suficientemente grandes para justificar la inversión.

Los recolectores (o recicladores) de aluminio pueden tener muchos proveedores de diferentes tipos: la industria en general, fábricas, pequeños talleres, plantas de selección, minoristas, mayoristas, etc. En el mercado se pueden comercializar muchos tipos de aluminio, estos se pueden agrupar básicamente en cuatro (Medina, 2010):

- Productos laminados: planchas de construcción, planchas de imprentas, papel de aluminio, partes de carrocerías de vehículos.
- Los extorsionados: perfiles para ventanas, piezas para vehículos, etc.
- Los aluminios moldeados ya sean por gravedad o por inyección: piezas para motores, manubrios de las puertas, etc.
- Los trefilados para la fabricación de cables y otros usos.

En el momento en el que el aluminio usado llega al recolector, éste se encarga de darle la preparación para su comercialización. Es decir, tratan de estandarizar la calidad

para cumplir con las normas nacionales e internacionales que existen en el sector. Esto implica separar el aluminio de los restos de otros metales y materiales por diversos métodos: manualmente, fragmentado, triturado, cizallado, etc. Debido a que se pueden obtener muchos tipos de aluminio recuperado, la calidad difiere entre cada tipo; según la pureza del material, éste será utilizado para una aplicación u otra.

Hay muchos factores que influyen en el precio del aluminio. Entre más puro es el material, más aplicaciones puede tener y por esto su precio es más elevado. Además, el precio está condicionado por los diferentes materiales aleados que contiene la chatarra. Una parte del aluminio recuperado puede tener revestimientos, lacados, etc; esto lleva a que el precio sea más bajo debido a las mermas y por la necesidad de usar sistemas sofisticados de filtrado de humos lo cual encarece el reciclado.

8.6. Aplicaciones actuales del uso del aluminio

Según Álvarez (2017) el aluminio se ha vuelto uno de los materiales ingenieriles más utilizados en las últimas décadas. Esto se debe gracias a su baja densidad, sus buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas, y su manera tan efectiva de reaccionar en contra de la corrosión en condiciones ordinarias. Todo esto hace posible que el aluminio sea utilizado en diversas industrias como en la alimentaria, la energía, el transporte y las telecomunicaciones.

Según Merry (2018) actualmente el uso del aluminio es tan grande que excede al de cualquier otro metal, excepto al uso del hierro. Además, el aluminio es muy importante en la economía mundial, y esto se debe a las diversas aplicaciones que actualmente se llevan a cabo con el uso del aluminio. Estas aplicaciones son las siguientes:

- Aeroespacial, automotriz y transporte: el uso del aluminio en estas industrias reduce de manera significativa el peso de los vehículos, y así mismo el consumo

de combustible. Además, logra reducir las emisiones de gases de carbono y de efecto invernadero. En ambientes marinos, las aleaciones que se pueden llegar a conseguir con el aluminio proporcionan fuerza, fácil manejo, y resistencia a la corrosión lo cual es muy importante en las aplicaciones marinas.

- Edificación y construcción: en el diseño, la fuerza y la forma del edificio, el aluminio logra ofrecer muchas ventajas. Gracias a su aspecto y acabado, esto contribuye a la sostenibilidad de los recursos mejorando la eficiencia energética. También es utilizado para la construcción de ventanas, puertas y cerramientos. Según Merry (2018) más del 90 por ciento del aluminio utilizado en edificios, hoy en día se recicla repetidamente en productos similares, sin perder su calidad.
- Bienes de consumo: al utilizar el aluminio en electrónica y bienes de consumo, estos productos resultan más finos, ligeros y durables; además, cuentan con buena apariencia y acabado. Los diseñadores de productos prefieren el aluminio por su resistencia y cualidades estéticas contemporáneas.
- Aplicaciones industriales: las propiedades y características del aluminio y las aleaciones que se pueden lograr con este, logran una maquinaria rentable y de un excelente rendimiento. Esto gracias a su peso ligero, su resistencia, su durabilidad, sus capacidades de transferencia de calor, conductividad eléctrica, características de la superficie y su resistencia a la corrosión. El aluminio satisface la industria del petróleo y gas.
- Embalaje: el aluminio se fabrica a gran escala para el embalaje de alimentos y envases de bebidas. Esto se debe a que es uno de los materiales industriales más reciclables. Según Merry (2018) casi el 70 por ciento son reciclados en nuevas latas u otros productos en aproximadamente 60 días.

8.7. Aleaciones del aluminio

El aluminio es un metal con una baja resistencia mecánica. Por ejemplo, el límite elástico de un aluminio recocido puede alcanzar un valor de 10 MPa. Por tanto, uno de los objetivos a la hora de diseñar aleaciones de aluminio es mejorar su resistencia mecánica aleándolo con diferentes metales como el Cu, Mg, Mn, Zn, Fe o bien el Si (Ardila, 2007, p. 24). Los anteriores son los elementos maleantes principales los cuales definen las familias de aleaciones más utilizadas industrialmente. A continuación, se describen las propiedades más relevantes de la adición de los elementos citados con el aluminio (Ardila, 2007, p. 24).

- Al + Zn: Mejoran la resistencia mecánica y aumentan la dureza. Posibilidad de corrosión de tensión. Combinado con Mg produce una aleación tratable térmicamente.
- Al + Cu: Mejoran la resistencia mecánica y aumentan la dureza Produce una aleación tratable térmicamente.
- Al + Mn: Reduce la resistencia a la corrosión.
- Al + Si: Combinado con Mg produce una aleación tratable térmicamente. Buena resistencia a la corrosión.
- Al + Mg: Mejoran la resistencia mecánica y aumentan la dureza. Buena resistencia a la corrosión. Soldabilidad aumentada (Ardila, 2007, p. 24).

8.8. El arte de la fundición

“Las fundiciones de aluminio han jugado un rol integral en el crecimiento de la industria del aluminio desde sus inicios a finales del siglo XIX” (Palas, 2014, p. 37).

Las aleaciones de aluminio para fundición han sido desarrolladas ya que proporcionan calidades de fundición idóneas, como buena colabilidad (aptitud para llenar correctamente la cavidad de un molde), contracción relativamente pequeña y la poca tendencia a la formación de fisuras en la contracción, así como propiedades mejoradas de resistencia a la tensión, ductilidad y resistencia a la corrosión (Palas, 2014, p. 37).

Se siguen desarrollando y mejorando procesos de fundición para ampliar las capacidades de las fundiciones en las nuevas aplicaciones técnicas y comerciales ayudando al fundidor a conseguir una producción económica y fiable, en el que las piezas siempre cumplan con los requisitos especificados (Palas, 2014, p. 37).

8.9. La fundición de aluminio por gravedad en coquilla

El proceso de fundición por gravedad consiste en introducir un metal en estado líquido por una cavidad con la forma del objeto a fabricar de tal manera que al solidificarse el metal obtengamos el objeto deseado con una baja porosidad, buen acabado y una exactitud dimensional. Dicho proceso se denomina moldeo y a los útiles donde vertemos el metal se les llama moldes (Martín, 2011, p. 18).

Ventajas:

- Mayor precisión.
- Superficies mejor acabadas y con menos rebarbado.
- Se obtiene una estructura más densa y compacta y propiedades mecánicas más elevadas.
- La producción es más rápida.

- Se obtiene una estructura más densa y compacta y propiedades mecánicas más elevadas (Martín, 2011, p. 22).

Desventajas:

- Elevado costo en la elaboración de la coquilla, por lo tanto, este tipo de proceso no es justificable para una producción unitaria.
- No se puede fundir piezas de gran tamaño, debido al mecanismo que se necesita para abrir y cerrar las mitades de la coquilla, ya que esto se lo realiza con un mecanismo manual (Arias, 2007, p. 18).

8.10. Partes importantes de la fundición de aluminio por gravedad en coquilla

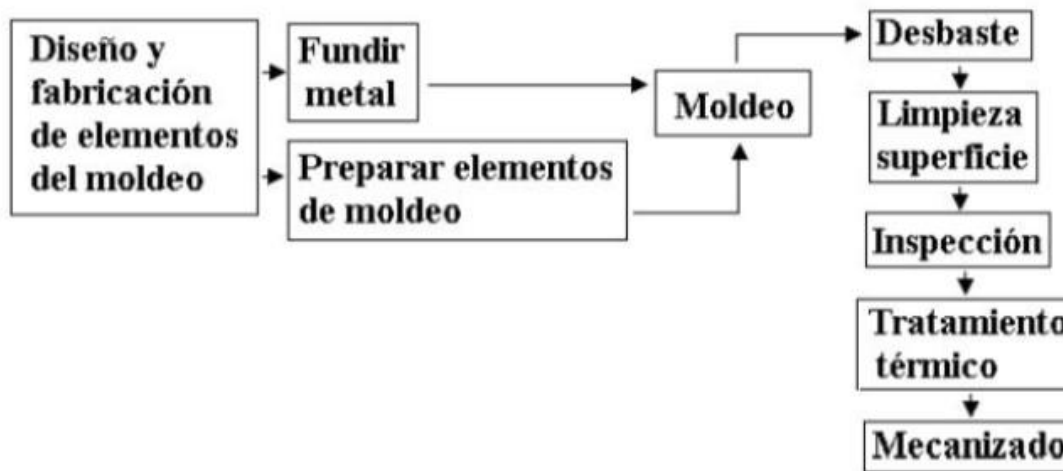


Ilustración 2. Partes importantes de la fundición de aluminio por gravedad Fuente: Simulación de una pieza obtenida por fundición metálica – Javier Martín Hernández.

En la primera fase el moldista a partir de la pieza, diseña el molde y elementos auxiliares para el moldeo. Luego se determinarán las dimensiones de las cavidades, mazarotas, sistemas de alimentación del material, temperatura del material... También hay que tener en cuenta los

rechupetes del material debido a las contracciones. Otro aspecto a tener en cuenta es la fundición del metal es el punto de fusión del material y de su pureza (Martín, 2011, p. 20).

Una vez se ha diseñado el molde. Se realiza la fundición del metal para verter el metal fundido en el interior del molde. La siguiente etapa es la del desbaste, esta etapa consiste en cortar las partes sobrantes de la pieza como las mazarotas, conductos de alimentación del metal esta operación se puede realizar con radiales o tronadoras. El siguiente paso es la limpieza de las superficies de rebabas. Luego se puede realizar una inspección visual para comprobar que la pieza este en perfecto estado y no tenga ningún aspecto defectuoso (Martín, 2011, p. 21).

“Dependiendo del uso de la pieza se puede realizar algún tratamiento térmico para mejorar sus propiedades mecánicas o conseguir un efecto anticorrosivo o de embellecimiento” (Martín, 2011, p. 21).

9. Diagnóstico actual del proceso de FAGC en cuanto a la distribución de planta, nivel de estandarización de procesos de producción, tecnología utilizada, programas de mantenimiento de equipos industriales, y sistema de control de calidad

9.1. Presentación general del proceso productivo

METALLAN S.A.S., es una empresa santandereana, creada para satisfacer mercados a nivel Nacional e Internacional del sector eléctrico y de la construcción. METALLAN S.A.S ha ingresado al negocio de proveer elementos de aluminio constitutivos de los circuitos de alto voltaje de las líneas de distribución eléctrica, y en vista de que hay un potencial mercado no solamente en la región, sino a nivel nacional e internacional, se pretende incrementar su participación en el mismo. Debido a esta decisión de penetrar en el mercado nacional e internacional de herrajes eléctricos mediante la FAGC, el presente trabajo busca apoyar este propósito y es por esto que a continuación se realiza un análisis de la situación actual del proceso que se lleva a cabo en la empresa, lo cual permitirá, mediante unas referencias mucho más elevadas, generar por etapas una optimización de cada uno de los procesos teniendo en cuenta los requerimientos del cliente actual y lo que el potencial futuro requiera.

Por lo tanto, se consideró como criterios importantes los siguientes:

- Distribución en planta actual
- Video del proceso actual que se lleva a cabo en la empresa METALLAN S.A.S
- Situación actual por cada operación
- Situación actual de los programas de mantenimiento de equipos industriales.
- Situación actual del sistema de control de calidad.

- Capacidad de producción, productividad y calidad actual.
- Programa de entrenamiento personal.

9.2. Distribución de planta actual en METALLAN S.A.S

A continuación, en la Ilustración 3 se puede observar la distribución actual en planta de los equipos utilizados en el proceso de FAGC de la empresa METALLAN S.A.S.

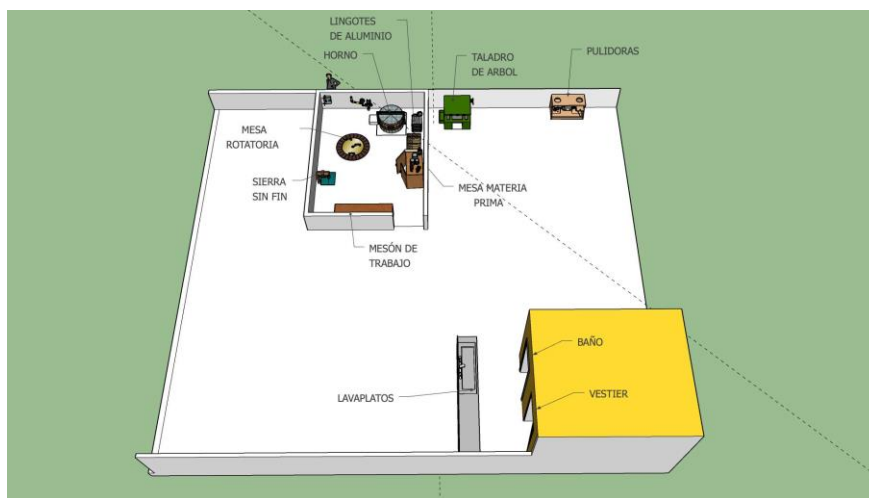


Ilustración 3. Distribución de planta actual en METALLAN S.A.S. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el taladro de árbol, la pulidora y el lavaplatos (el cual se usa al iniciar el proceso para lavar la coquilla antes de utilizarla) se encuentran por fuera de la sección de fundición de la empresa, es por esto que los operarios requieren moverse en espacios proporcionalmente distantes en comparación con el área para cumplir con aquellas tareas que se requieren durante el proceso.

Actualmente hay dos restricciones en cuanto a desplazamiento interno de máquinas en la planta de METALLAN S.A.S: el horno y el lavaplatos. Las demás máquinas se pueden trasladar dentro de la planta de producción según la necesidad.

Respecto al lavaplatos, este no se puede trasladar a la zona de fundición, pero hay alternativas para reemplazarlo.

9.3. Video del proceso actual en la empresa METALLAN S.A.S.

En el siguiente enlace es posible observar las actividades del proceso de fundición de aluminio por gravedad en coquilla que se llevan a cabo actualmente en la empresa METALLAN S.A.S.

LINK:

<https://www.youtube.com/watch?v=iYhJBdDBReE&t=545s&frags=pl%2Cwn>

A partir de lo observado anteriormente, se realiza un análisis desde varios puntos de vista del proceso actual mencionado. Este análisis, presentado de manera detallada en la Sección 10.4, se realiza desde la perspectiva de:

- Seguridad y Salud en el Trabajo: análisis basado en la observación al momento de la toma de tiempos. Se analiza el cumplimiento del uso de los elementos de seguridad y salud en el trabajo.
- Calidad: análisis basado en los datos suministrados por la empresa sin respaldo físico.
- Productividad: análisis basado en los tiempos tomados.

9.4. Situación Actual de Proceso a Proceso

A continuación, en la Tabla 1 se pueden observar los tiempos actuales por cada proceso.

Para la toma de tiempos se obtiene una muestra de 60 ciclos para las operaciones cíclicas y una muestra de 15 ciclos para las operaciones acíclicas.

Tabla 1.

Tiempos actuales por cada operación.

Operación #	Descripción Operación	TIEMPO (minutos)/ (unidad ensamblada)
1	Limpieza de coquilla	75
2	Alistamiento de horno	13
3	Llenado de crisol	4
4	Calentamiento de horno	240
5	Pre calentamiento coquillas	12
6	Preparación coquillas	4,3
7	Limpieza del aluminio fundido en el crisol	5
8	Ensamble de coquillas	2,7
9	Llenado de coquillas	0,73
10	Desensamble de coquillas	1,7
11	Enfriado	120
12	Perfilado del producto	4,32
13	Ensamble contra pesas	8
14	Ensamble final del producto	0,50

Nota: Elaboración del autor del texto.

Para la toma de las muestras de los tiempos actuales se requirió de cuatro meses. Esto se debe a que la empresa solo realiza este proceso de FAGC una vez a la semana puesto que los pedidos actuales no son muy elevados.

La cantidad de muestras tomadas se basaron en una tabla creada por General Electric Company. Esta es una guía aproximada para el número de ciclos que se deben observar. A continuación, en la Tabla 2 se puede encontrar el número recomendado de ciclos de observación por General Electric Company.

Tabla 2.

Número recomendado de ciclos de observación.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: General Electric Company.

9.4.1. Limpieza de coquilla.

La operación de limpieza de coquilla consiste en limpiar los moldes que se utilizan en el proceso de FAGC, estos se deben limpiar ya que cada vez que se realiza el proceso los moldes son pintados con una pintura blanca especial reconocida en el mercado como INJEMAQ IM, esta crea una interface entre la coquilla y el metal, la cual protege la coquilla, y además, da un fino acabado superficial a la pieza fundida. Para poder llevar a cabo esta operación, es necesario contar con un punto de suministro de agua y las herramientas necesarias para extraer la pintura de los moldes que quedó del proceso anterior.

Actualmente los mencionados puntos se encuentran por fuera de la sección de FAGC, donde se llevan a cabo las demás operaciones para la obtención del producto final; este punto se encuentra a aproximadamente ocho metros de la línea de producción de FAGC. Respecto a las herramientas utilizadas en la operación actual, el operario extrae la pintura de los moldes con una lija y para llegar a partes del molde más profundas y de difícil acceso, el operario hace uso de un destornillador de paleta o de pala; pero cabe resaltar que ni la lija ni el destornillador se encuentran en el lugar donde se realiza la limpieza de coquilla.

En esta operación el operario al limpiar los moldes está sacando partículas y no hace uso del tapabocas, así mismo el operario no hace uso de guantes y esto le puede causar enfermedades laborales de tipo alérgico.

9.4.2. Alistamiento de horno.

Alistar el horno consiste en verificar que la termocupla está calibrada correctamente, introducir el crisol correspondiente para el respectivo calentamiento en el horno, verificar que el horno se encuentre a la temperatura que debe estar para empezar el proceso, asegurarse que los elementos del horno están en el lugar correspondiente, así como también garantizar que la fibra de vidrio que da hermeticidad a la cámara está debidamente ubicada cumpliendo su misión.

Como resultado del proceso de observación metódica de la operación actualmente realizada en METALLAN S.A.S, ésta se realiza de una manera arcaica, ya que no se tienen estandarizados los ganchos para sacar los crisoles del horno. Por el contrario, el operario toma un alambre delgado y fabrica con sus manos los ganchos que él cree pertinentes para sacar el crisol y los amarra como puede al mismo. Después de esto, el operario busca un tubo que le permita sacar de manera ascendente el crisol del horno.

Cabe resaltar que ni el alambre para hacer los ganchos ni el tubo utilizado en esta parte del proceso se encuentran en un lugar estandarizado. Por lo anterior, hasta que el operario no encuentre estos componentes no completa el sacado del crisol.

Después de esto se introduce en el horno el crisol que se utilizará en el proceso de FAGC; esta parte del proceso también la realizan dos operarios.

Para sacar o introducir un crisol es necesario quitar la tapa del horno y así mismo la fibra de vidrio que se encuentra entre el horno y la tapa del horno. Actualmente la fibra de vidrio se encuentra suelta y al quitarla el operario la deja en cualquier parte del piso. Esto quiere decir que los operarios no cuentan con instrucciones claras para llevar a cabo esta parte del proceso y esto puede causar daños en herramientas, materia prima y producto. Al quitar la tapa y la fibra de vidrio, también es necesario quitar la termocupla; la termocupla tampoco tiene un lugar estandarizado y al quitarla la colocan igualmente en el piso con el alto riesgo de ser golpeada y descalibrada. Esta termocupla tiene la función de medir la temperatura del horno y es necesario garantizar un cuidado especial para ella.

Después de ubicar el crisol dentro del horno se ensambla de nuevo todo, es decir, se pone de nuevo la fibra de vidrio, la tapa y la termocupla. Actualmente para el armado mencionado el operario debe realizar un equilibrio mecánico de la tapa del horno para que quede sin tambalearse y además hace uso de algunos ladrillos para equilibrar esta tapa para que no se incline hacia ningún lado. Esta operación anterior, por realizarse a prueba y error toma prolongado e indefinible tiempo, porque debe finalmente asegurarse de que no haya un punto donde se presente fuga de calor.

9.4.3. Llenado de crisol.

Esta operación consiste en ubicar los lingotes de aluminio dentro del crisol. Actualmente los lingotes de aluminio se encuentran al lado del horno en una canasta como la que aparece en la Ilustración 4; debido a la reducida altura de la canasta, el operario debe inclinarse significativamente para poder trasladar esta hacia el horno, lo cual eleva el riesgo de daño ergonómico, acentuándose este riesgo puesto que así mismo debe agacharse constantemente para alcanzar los lingotes de aluminio que se encuentran en la canasta para posteriormente introducirlos en el horno.

Esta canasta que contiene la materia prima también contiene desechos que los operarios retiran o no seleccionan para depositar en el horno.



Ilustración 4. Canasta con lingotes de aluminio.

9.4.4. Calentamiento de horno.

El operario abre la llave del gas, acciona el botón de encendido en el tablero en donde está el pirómetro y espera que se realice la operación de barrido del horno con aire y posterior encendido de este de manera secuencial. Es así como se cumple con el proceso

de encendido, pero el calentamiento completo se logra cuando se verifica que se alcanza una temperatura de 750°C.

9.4.5. Pre calentamiento de coquilla.

El proceso de pre calentamiento de la coquilla, como su nombre lo indica consiste en calentar la coquilla hasta cierta temperatura antes de su preparación para poder posteriormente ensamblarlas y llenarlas con aluminio líquido; la temperatura a la que deben estar las coquillas es inicialmente a temperatura ambiente y al finalizar este proceso deberían tener una temperatura de 280°C. Actualmente el pre calentamiento de las coquillas se realiza encima de la tapa del horno.

9.4.6. Preparación coquillas.

El proceso de preparación de coquillas consiste en pintar las paredes internas de los moldes o las coquillas que serán utilizadas en el proceso. Estas coquillas se pintan de manera Aero-gráfica utilizando un compresor y la pintura utilizada para este proceso es INJEMAQ IM para facilitar el desensamble de las coquillas y la respectiva extracción del producto después del llenado; esta pintura también prolonga la vida útil de los moldes.

9.4.7. Limpieza del aluminio fundido en el crisol.

Este proceso consiste en sacar la escoria del crisol cuando el aluminio ha alcanzado su estado líquido. Se saca por primera vez toda la escoria que se produce por la contaminación del hierro y la oxidación del aluminio con el oxígeno del aire; acto seguido se adiciona al aluminio líquido un porcentaje de fundente con el propósito de sacar los últimos componentes de escoria y de esta manera garantizar completa limpieza

del aluminio. En este momento el aluminio cuenta con las características requeridas para ser vaciado en las coquillas y lograr finalmente la elaboración del producto.

9.4.8. Ensamble de coquillas.

Este proceso consiste en ensamblar en la mesa rotatoria las dos partes de las coquillas junto con una guaya de acero de siete milímetros de diámetro y así cumplir parcialmente con el requerimiento de producto final (Ver Ilustración 5).



Ilustración 5. Ensamble de coquillas.

9.4.9. Llenado de coquillas.

Para el llenado de las coquillas se usa un cucharón redondo con el cual el operario extrae del crisol el aluminio líquido y lo traslada al punto donde están ubicadas las coquillas y realiza el vaciado en estas.

Al realizar el llenado las coquillas, estas se inclinan aproximadamente 20 grados respecto a la vertical sin contar con soporte rígido específico para las mismas; igualmente se observa que como producto del tamaño del cucharón utilizado se genera un derrame

porcentual del aluminio que luego debe ser reprocesado. La operación es realizada con el apoyo de dos operarios, puesto que el segundo debe garantizar después del llenado un ángulo de 90 grados de la coquilla respecto a la mesa para lograr un 100% de ocupación de todas las cavidades de la coquilla.

Al terminar el llenado, es necesario esperar diez segundos a que se contraiga el aluminio y así no se dañe el producto al intentar sacarlo de las coquillas.

9.4.10. Desensamble de coquilla.

El proceso observado evidencia la utilización de martillos, destornilladores, punzón para este desensamble, lo cual manifiesta alto riesgo de deterioro de las coquillas y de acuerdo con las fuerzas utilizadas se podría también llegar a deteriorar el producto y finalmente podría saltar alguna esquirla al operario producto del golpe.

9.4.11. Enfriado.

Este proceso consiste en dejar enfriar las piezas después de ser extraídas de las coquillas para que alcancen una temperatura ambiente; para esto se hace uso de un ventilador que acelera este enfriamiento. Lo anterior es requisito para realizar el perfilado final del producto.

9.4.12. Perfilado del producto.

El perfilado del producto consiste en retocar cada una de las piezas que salen de los moldes utilizados, las cuales hacen parte del producto final y se ensamblarán después. Para realizar los retoques a cada pieza la empresa cuenta con una sierra sin fin, un taladro de árbol y pulidoras. En el proceso observado, se visualiza que el operario no hace uso de guantes de seguridad pertinentes para prevenir un accidente en la sierra sin fin.

9.4.13. Ensamble contra pesas.

En esta parte del proceso se introduce por el extremo abierto la guaya de tal manera que pase a través del extremo cerrado a través del orificio centrado excediendo una longitud de tres cm. Este tramo de guaya es abierto independizando los filamentos y extendiéndolos hacia la parte exterior de la cara cerrada de la pesa. Finalmente se introduce plomo por la parte abierta de la pesa para darle conectividad y pegue definitivo de la guaya con la misma. En este momento los filamentos de tres cm excedentes caen por efectos de la temperatura, quedando taponados los extremos de las pesas. Igualmente, esto garantiza el no deslizamiento de la guaya dentro de la pesa y el nivel requerido de rigidez. (Ver Ilustración 6).

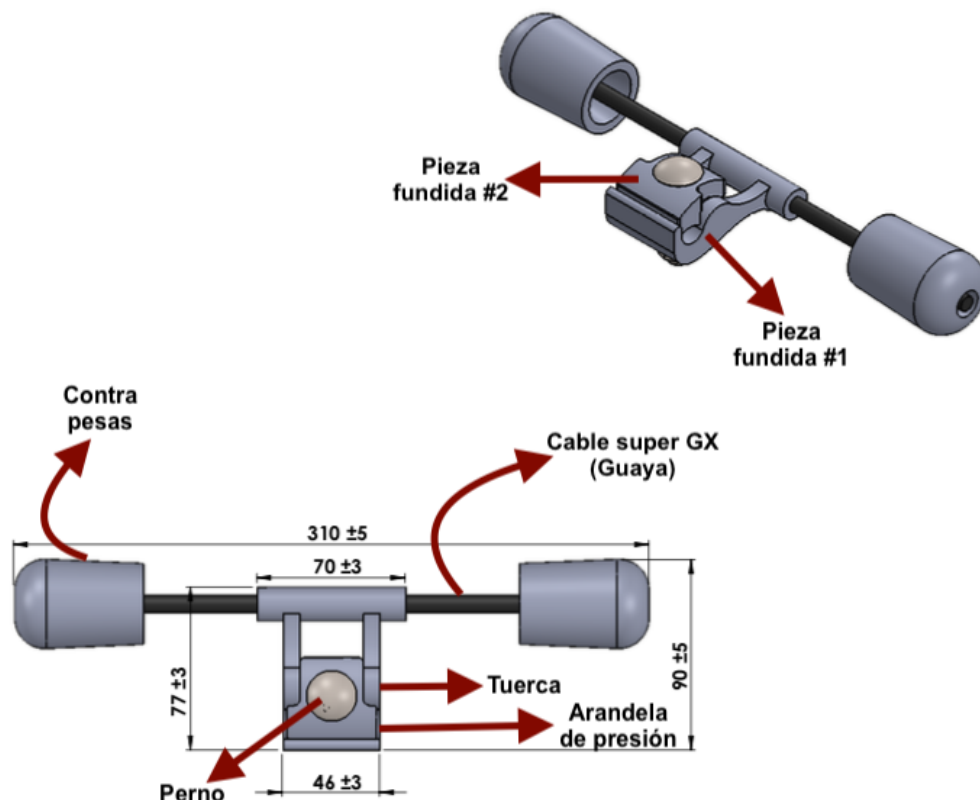


Ilustración 6. Producto final. Fuente: METALLAN S.A.S

9.4.14. Ensamble final.

En esta parte del proceso, se ensambla la pieza complementaria a la pieza principal, utilizando perno, tuerca y arandela de presión. Ver ilustración 8.

9.5. Evaluación del proceso en general

En unión con algunos expertos en el tema de la manufactura, entre ellos ingenieros externos e internos de la empresa METALLAN S.A.S, se generó un instrumento guía compuesto por algunas preguntas centrales, cuyas respuestas permitirían evaluar el proceso y generar el planteamiento de mejora.

9.5.1. ¿La empresa cuenta con la documentación acerca del proceso que se debe llevar a cabo a la hora de realizar el proceso de FAGC?

Actualmente la empresa no cuenta con la documentación o la estandarización del proceso que se debe llevar a cabo para la fundición de aluminio por gravedad en coquilla. Esto se debe a que el aprendizaje de los operarios ha sido producto de la implantación del método propuesto por el ingeniero Eduardo Niño, quien ha investigado durante varios años este procedimiento el cual ha tenido convergencia o se ha materializado en la empresa METALLAN S.A.S. El producto resultante de este proceso ya ha sido probado en el mercado amplio de Santander y a nivel nacional, lo cual permite concluir que el método mencionado es apropiado desde la perspectiva metalúrgica.

Por lo anterior el presente trabajo busca el mejoramiento del proceso para hacer que este método se vuelva mas productivo y de esta manera lograr mayor competitividad tanto en el mercado nacional como internacional.

9.5.2. ¿Los operarios han sido capacitados de manera correcta para poder llevar a cabo el proceso de FAGC y poder obtener una mejor calidad en el producto final?

Debido a que no se cuenta con el proceso de fundición de aluminio por gravedad estandarizado, los operarios no han sido capacitados de manera correcta.

9.5.3. ¿Es la tecnología utilizada para el proceso de FAGC la adecuada teniendo en cuenta los pedidos de los clientes?

Teniendo en cuenta la tecnología ya mencionada e implementada desde la perspectiva del Ingeniero Eduardo Niño, esta tecnología ha servido para introducir en el mercado el producto, pero sin embargo se considera muy básica y requiere algunas propuestas de varios niveles tecnológicos, los cuales deben adaptarse a los diferentes niveles de capacidad de inversión de los socios siempre buscando la competitividad nacional e internacional.

La tecnología utilizada garantiza los niveles de calidad que requieren los clientes actuales con sus aplicaciones y sus volúmenes, pero como se está buscando penetrar mas mercados a nivel nacional e internacional, se requiere mayor nivel de estandarización y de productividad.

La actual es una tecnología muy básica, de cierto nivel artesanal y muy manual, este trabajo va a generar un aporte o propuesta de mantener la alta calidad, elevar de cierta manera la seguridad y salud en el trabajo, e introducir algunos componentes y herramientas que elevan el nivel tecnológico de manera moderada para poder garantizar una mayor capacidad de producción y productividad.

El presente trabajo aporta a incrementar:

9.5.5. ¿La empresa cuenta con un sistema de control de calidad establecido para el proceso de FAGC?

Actualmente METALLAN S.A.S cuenta con la certificación ISO 9001 del año 2008 (Ver Ilustración 8). A pesar de esto se evidencian ciertas falencias respecto a lo que esta certificación conlleva. Con base en la información suministrada por la empresa, los registros de mantenimiento de equipos (Históricos, manuales, etc.) son muy básicos y la forma en la que llevan a cabo la calibración de la termocupla no es la adecuada. Teniendo en cuenta esto la empresa no puede garantizar un 100% el control de los procesos.

Cabe destacar que se hace necesario la actualización de la certificación con la norma ISO 9001 versión 2015. Actualmente METALLAN S.A.S está en el proceso de actualización de la certificación de la ISO 9001. La auditoria ha sido realizada y se espera la certificación pronto. La empresa siempre ha estado en constante investigación para la mejora de sus procesos teniendo en cuenta la norma ISO 9001; con el objetivo de brindar una mejor calidad del producto a sus clientes y un mejor entrenamiento a sus operarios. Por esta razón se realizó este proyecto.



Ilustración 8. Certificación ISO 9001; 2008 METALLAN S.A.S. FUENTE: Metallan S.A.S

9.5.6. METALLAN S.A.S cuenta con una sección de FAGC limpia donde los operarios puedan tener un buen ambiente de trabajo y un buen desempeño?

La sección de fundición de aluminio no se encuentra completamente limpia para que los operarios tengan un buen desempeño y la productividad de la empresa se vea favorecida.

10. Estado actual de capacidad de producción, productividad y calidad

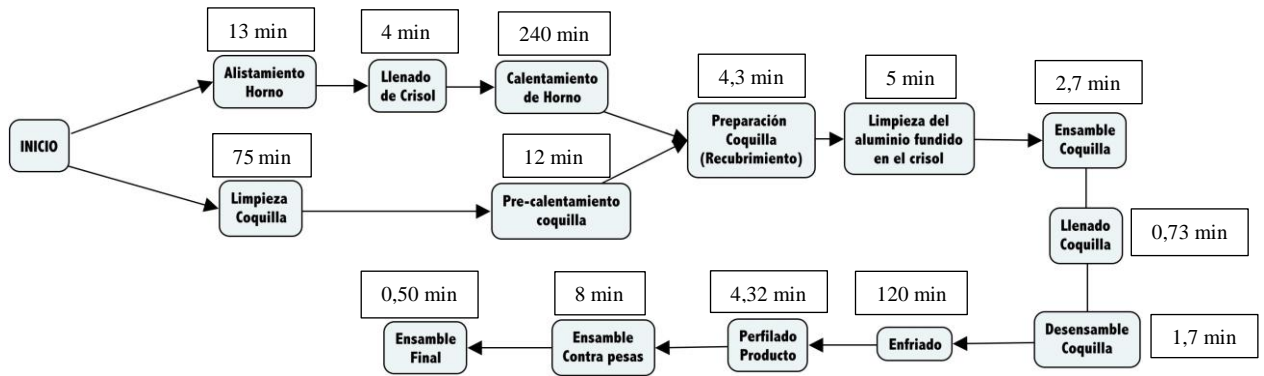


Ilustración 9. Diagrama de operaciones de FAGC. Fuente: Elaboración propia

En el diagrama (Ilustración 9) se pueden observar las diferentes operaciones que se realizan en el proceso de FAGC. Para realizar el cálculo actual de la capacidad de producción y productividad de la sección de FAGC de la empresa METALLAN S.A.S se nombra a un subconjunto de operaciones como preparación del proceso, fundición, enfriado y terminado de producto final.

La preparación del proceso se compone de las siguientes operaciones:

- Alistamiento Horno
- Limpieza Coquilla
- Llenado de Horno
- Calentamiento de Horno
- Pre-Calentamiento Coquilla
- Preparación Coquilla (Recubrimiento)
- Limpieza del aluminio fundido en el crisol

La sumatoria de los tiempos de estas operaciones que hacen parte del alistamiento da un total de 266,3 minutos. Este conjunto de operaciones son acíclicas ya que solo se realizan una vez al inicio de cada colada, es decir una vez por semana.

La fundición se compone de las siguientes operaciones ciclicas del proceso:

- Ensamble Coquilla
- Llenado Coquilla
- Desensamble Coquilla (y extracción de producto)

La sumatoria de los tiempos de estas operaciones que hacen parte de la fundición da un total de 2,43 minutos.

El enfriado solo se compone de una operación y tiene un tiempo de 120 minutos.

El terminado de producto final se compone de las siguientes operaciones ciclicas del proceso:

- Perfilado producto
- Ensamble contra pesas
- Ensamble final

La sumatoria de los tiempos de estas operaciones que hacen parte del perfilado da un total de 12,82 minutos.

Partiendo del esquema general del proceso se observa que estratégicamente se realiza en dos grandes fases y una fase intermedia de enfriado (Ver Figura 4), cada fase con un grupo de subprocesos diferentes. La fase uno incluye los subconjuntos de alistamiento y fundición (Ver Figura 3), y la fase dos incluye el subconjunto de operaciones del perfilado (Ver Figura 5).

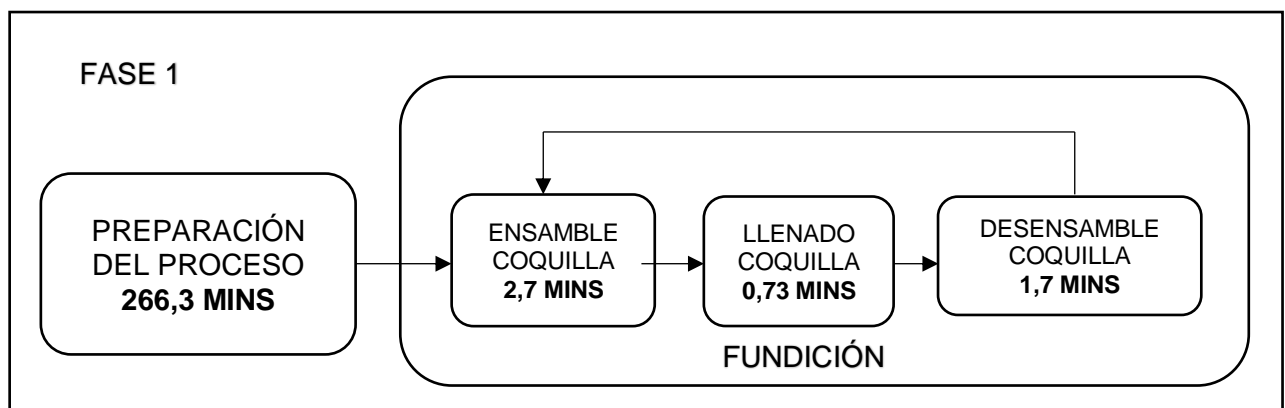


Figura 3. Fase uno del proceso de FAGC con tiempos actuales. Fuente: Elaboración propia

Los cálculos realizados a continuación sobre la fase uno, se realizan teniendo en cuenta dos turnos de ocho horas. Los procesos realizados durante la fase uno, se realizan con la ayuda de dos operarios.

10.1. Capacidad instalada (fase uno):

Según la tecnología actual con la que cuenta la empresa, en dos turnos de ocho horas se producen 135,22 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

$$\text{Capacidad instalada: } (16 \times 60 \text{ min}) - 266,3 \text{ min} / (5,13 \text{ min})$$

$$\text{Capacidad instalada: } (960 \text{ min} - 266,3 \text{ min}) / (5,13 \text{ min})$$

$$\text{Capacidad instalada: } 693,7 \text{ min} / 5,13 \text{ min}$$

Capacidad instalada: 135,22 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

10.2. Capacidad efectiva (fase uno):

Según la información suministrada por la empresa, METALLAN S.A.S actualmente en dos turnos de ocho horas obtiene 120 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar (capacidad efectiva).

$$\text{Nivel efectivo de utilización: } \left(\frac{120}{135,22} \right) \times 100$$

$$\text{Nivel efectivo de utilización: } 0,8874 \times 100$$

Nivel efectivo de utilización: 88,74% de la capacidad de diseño ideal (FASE 1).

10.3. Productividad (fase uno):

Según la información suministrada por la empresa. En dos turnos de ocho horas, entre dos operarios se producen 120 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar. Teniendo en cuenta esto, la productividad actual de la fase uno es de 3,75 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar por cada hora-hombre.

$$\text{Productividad: } (120 \text{ parejas fundidas}) / (32 \text{ hora} - \text{ hombre})$$

Productividad: 3,75 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar por cada hora-hombre.



Figura 4. Fase intermedia del proceso de FAGC con tiempos actuales. Fuente: Elaboración propia

Debido al tiempo que toma el enfriado, este se realiza durante la noche.

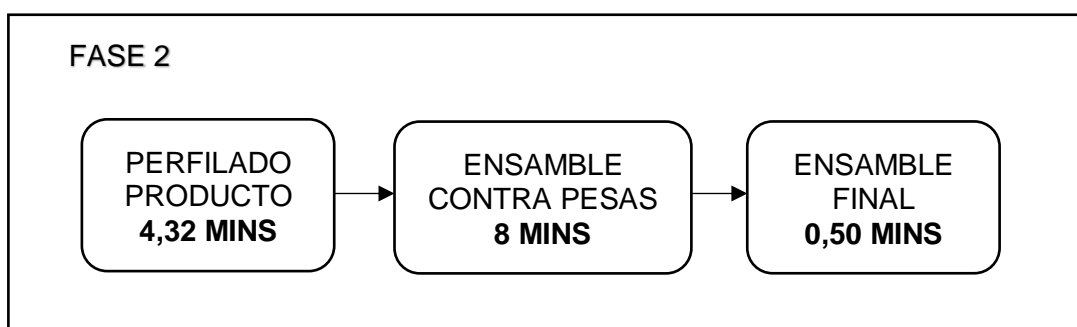


Figura 5. Fase dos del proceso de FAGC con tiempos actuales Fuente: Elaboración propia

Los cálculos realizados a continuación sobre la fase dos, se realizan teniendo en cuenta un turno de ocho horas. Los procesos realizados durante la fase dos, se realizan con la ayuda de un operario.

10.4. Capacidad instalada (fase dos):

Según la tecnología actual con la que cuenta la empresa para este proceso, en un turno de ocho horas se producen 37,44 pares de unidades perfiladas y ensambladas. Esto quiere decir que actualmente se necesitan 3,20 turnos de ocho horas para lograr 120 pares de unidades perfiladas y ensambladas.

$$\text{Capacidad instalada: } 8 \times 60 \text{ min} / 12,82 \text{ min}$$

$$\text{Capacidad instalada: } 480 \text{ min} / 12,82 \text{ min}$$

Capacidad instalada: 37,44 pares de unidades perfiladas y ensambladas por turno.

Turnos necesarios para 120 pares de unidades perfiladas y ensambladas:

$$\text{Turnos: } 120 / 37,44$$

Turnos: 3,20 turnos para cada 120 pares de unidades perfiladas y ensambladas.

10.5. Capacidad efectiva (fase dos):

Según la información suministrada por la empresa, METALLAN S.A.S actualmente en cuatro turnos de ocho horas perfila y ensambla 120 unidades completas de producto.

Capacidad efectiva: $(3,2/4) \times 100$

Capacidad efectiva: 80% de la capacidad Instalada (FASE DOS)

10.6. Productividad (fase dos):

Según la información suministrada por la empresa. En cuatro turnos de ocho horas, con la ayuda de un operario se producen 120 unidades completas de producto. Teniendo en cuenta esto, la productividad actual de la fase dos es de 3,75 unidades completas de producto por cada hora-hombre.

Productividad: $(120 \text{ unidades completas de producto}) / (32 \text{ hora} - \text{ hombre})$

Productividad: 3,75 unidades completas de producto por cada hora hombre.

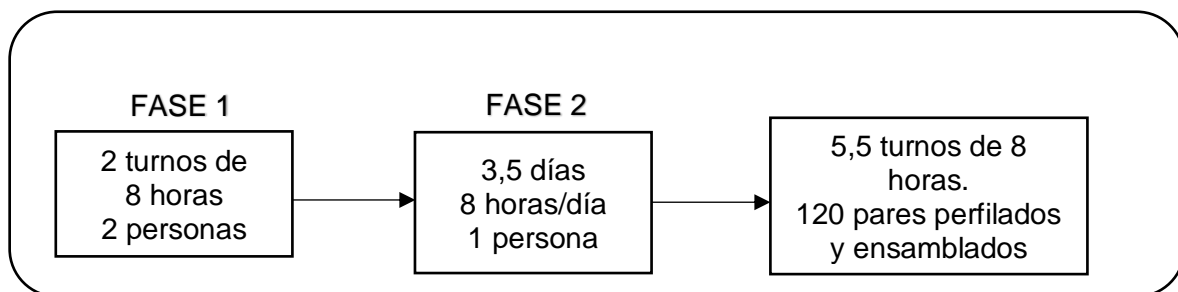


Figura 6. Tiempo utilizado para la producción total. Fuente: Elaboración propia

10.7. Calidad.

Para el indicador de calidad se toma como referencia los reprocesos realizados en el proceso de FAGC. Según la información suministrada de manera verbal por la empresa actualmente, de cada 120 unidades fundidas, en promedio, alrededor de siete unidades deben ser reprocesadas. Dichos reprocesos se originan principalmente a partir de una

inapropiada inclinación para el llenado de estas unidades. Lo anterior, se debe a la falta de estandarización de la rigidez de las coquillas a la hora de llevar a cabo esta operación. Si la inclinación no es la correcta se forma una turbulencia internamente y esto impide que el aluminio llegue a todas las cavidades de la coquilla. Teniendo en cuenta esta información, se utiliza el siguiente indicador:

$$\text{Calidad: } \left(\frac{\text{Piezas totales} - \text{Piezas defectuosas}}{\text{Piezas totales}} \right) \times 100$$

$$\text{Calidad: } \left(\frac{120 - 7}{120} \right) \times 100$$

$$\text{Calidad: } 94,16\%$$

Cabe resaltar que no se cuenta con un registro oficial para corroborar la información de la cantidad de piezas que necesitan ser reprocesadas. Actualmente en METALLAN S.A.S. este dato se obtiene gracias a la comunicación con los operarios y a la observación realizada del proceso en los días que fue permitido.

11. Propuesta de mejora

A continuación, en la Tabla 3 se puede observar una tabla con las propuestas de mejora por operación y la estimación del impacto de estas en el tiempo empleado por operación, para esto se realizó una simulación en la empresa.

Tabla 3

Propuestas de mejora.

OPERACIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	TIEMPO ACTUAL (minutos) / (unidad ensamblada)	TIEMPO DESPUES DE MEJORA (minutos) / (unidad ensamblada)
1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hacer uso de cepillos de cerdas de acero de diferentes tamaños motorizados. ✓ Prensa pequeña de banco ✓ Incluir esta operación en la sección de FAGC. ✓ Hacer una cometida de una manguera flexible; un recipiente con bomba y filtro para reutilizar agua es económico y la empresa misma puede hacerlo. ✓ Hacer uso de guantes y tapabocas. ✓ Realizar este proceso al finalizar cada producción y no al iniciarla. 	75	40
2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hacer uso de ganchos de acero prediseñados con un diámetro definido. ✓ Tubo adecuado como dispositivo cercano ubicado en la pared. ✓ Cargador eléctrico. ✓ Estandarizar base de crisoles en el horno. ✓ Estandarizar cierre lateral del crisol, cordón apropiado de fibra de vidrio y estandarizar su ubicación mientras no se encuentre en el horno. ✓ Ubicar apropiadamente la termocupla y estandarizar su montaje en el crisol. ✓ Diseñar ajuste de tapa. 	13	8

3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se sugiere hacer selección previa de materia prima. ✓ Se sugiere recipiente elevado con materia prima. ✓ Se recomienda que una persona realice esta operación. 	4	4
4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda que el operario realice otras actividades de la empresa mientras se calienta el horno a una temperatura que se puedan empezar a precalentar los moldes. 	240	195
5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda tener el pirómetro ubicado estratégicamente en la línea de producción de FAGC, para poder verificar la temperatura de los moldes. 	12	12
6	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda capacitar adecuadamente a los operarios para darle un buen uso al compresor y su vida útil no se reduzca por mal uso. 	4,3	2
7	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tener dentro del set de dispositivos el correspondiente a extracción de escoria. Además, contar con un recipiente únicamente para depositar escoria extraída del crisol. 	5	3
8	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rediseño dimensional de las prensas manuales utilizadas. ✓ Hacer uso de un sistema de manipulación de la coquilla para facilitar su ensamble. 	2,7	1,5
9	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejorar cucharón porta aluminio líquido para evitar fuga de material. Mejora de diseño. ✓ Estandarizar rigidez coquilla mientras se ejecuta el llenado. ✓ Se sugiere que esta operación la lleve a cabo dos personas. ✓ Se recomienda adicionar una coquilla de la pieza fundida #1 en el proceso. 	0,73	0,5
10	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estandarizar operación: Hacer uso de un sistema de manipulación de la coquilla para facilitar su desensamble y evitar afectar la calidad del producto final. 	1,7	0,8
11	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda analizar el uso de un ventilador de mayor caudal si se considera necesario. ✓ Se recomienda el uso de un stand especialmente para las piezas extraídas de la coquilla. 	120	100
12	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se recomienda el uso de guantes en la sierra sin fin. 	4,32	3

	✓	Conformar el núcleo: sierra sin fin, taladro de árbol y pulidoras en el flujo del proceso.		
13	✓	Se recomienda el uso de los elementos de seguridad	8	5
14	✓	Herramienta y componentes de ensamble en el puesto de trabajo en el momento oportuno.	0,50	0,40

Nota: Elaboración del autor del texto.

El proceso de simulación de mejoras se realizó sin ninguna inversión utilizando elementos y recursos que estaban en la misma planta de producción y aprovechando la buena relación con los talleres cercanos.

Estas actividades de simulación se realizaron en tiempos diferentes y en su alta mayoría en tiempos fuera de producción normal para no arriesgar la carga ni las personas. Las pruebas correspondientes a manejo de materia prima y de ángulo y rigidez de coquilla se hicieron en colada real para verificar su efecto real.

Las operaciones que no aparecen a continuación detallando las condiciones de simulación corresponden a aquellas acciones de mejora que tienen que ver básicamente con la disciplina de limpieza y orden (ubicación adecuada de elementos) o de uso de acciones o elementos correspondientes a seguridad y salud en el trabajo. Estas se simularon con el propósito de verificar que el proceso fuera mejor y de manera más continua.

Toda la experiencia de simulación permitió tomar tiempos básicos de referencia y confirmar que la metodología propuesta para realizar las operaciones generaba reducción de tiempos, aumentaba la seguridad y salud laboral, y aumentaba la productividad lo cual se evidencia en los cálculos de indicadores.

A continuación, se detallan las condiciones de simulación por operación:

- **Operación 1:** se utiliza de manera temporal un mototool de uso general con herramienta (cerdas de acero) para limpieza. Además, se improvisa acometida de agua para limpieza al punto específico del proceso. En este caso sin bomba para recirculación.
- **Operación 2:** se utiliza temporalmente un cargador eléctrico. Se improvisa un dispositivo de enganche de tipo artesanal con su respectivo tubo para carga. Queda en manos de la empresa fabricarlo oficialmente. Los demás aspectos son de tipo disciplinario, los cuales se experimentan en el momento de la simulación.
- **Operación 3:** para la simulación, se separa de una de las coladas la materia prima adecuada para el proceso con anterioridad. Con esto se evidencia reducción de tiempos de espera. Además, se improvisa soporte para elevar recipiente para evitar fatiga del operario.
- **Operación 5:** con la simulación se llega a recomendar la ubicación estratégica y segura del pirómetro.
- **Operación 7:** se improvisa el recipiente para escoria extraída del crisol con lo existente en la planta. Se propone adquirir y asignar específicamente lo requerido.
- **Operación 8:** se improvisan y ajustan uñas manipuladas manualmente con efecto palanca que mejoran el tiempo de ensamble y desensamble. Lo cual conduce a indagar un diseño sencillo con uso de palancas que se muestra en la ilustración 19.
- **Operación 9:** se simula mediante prensas manuales la rigidez de la coquilla en varios ángulos para observar resultados y definir posición más adecuada de las mismas.
- **Operación 10:** se improvisan y ajustan uñas manipuladas manualmente con efecto palanca que mejoran el tiempo de ensamble y desensamble. Lo cual

conduce a indagar un diseño sencillo con uso de palancas que se muestra en la ilustración 19.

- **Operación 11:** se utiliza temporalmente varios ventiladores pequeños para generar mayor caudal y observar el efecto de reducción de tiempo de enfriamiento.
- **Operación 12:** se realiza la acomodación temporal de las máquinas necesarias en esta operación para evaluar el efecto de flujo continuo y su efecto positivo.

A continuación, en la Tabla 4 Se puede observar el aporte de cada propuesta de





































mejora respecto a la reducción de tiempo de operación (), calidad (), seguridad y salud en el trabajo ().

Tabla 4.

Aporte por cada propuesta de mejora.

OPERACIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	APORTE
1	Hacer uso de cepillos de cerdas de acero de diferentes tamaños motorizados.	  
	Prensa pequeña de banco.	 
	Incluir esta operación en la sección de FAGC.	
	Hacer una cometida de una manguera flexible; un recipiente con bomba y filtro para reutilizar agua. Es económico y la empresa puede hacerlo.	
	Hacer uso de guantes y tapabocas.	
	Realizar este proceso al finalizar cada producción y no al iniciarla.	
	2	Hacer uso de ganchos de acero prediseñados con un diámetro definido.

	Tubo adecuado como dispositivo cercano ubicado en la pared.	
	Cargador eléctrico	
	Estandarizar base de crisoles en el horno.	
	Estandarizar cierre lateral del crisol, cordón apropiado de fibra de vidrio y estandarizar su ubicación mientras no se encuentre en el horno.	
	Ubicar apropiadamente la termocupla y estandarizar su montaje en el crisol.	
	Diseñar ajuste de tapa.	
	Se sugiere hacer selección previa de materia prima.	
3	Se sugiere recipiente elevado con materia prima.	
	Se recomienda que una persona realice esta operación.	N.A
4	Se recomienda que el operario realice otras actividades de la empresa mientras se calienta el horno a una temperatura que se puedan empezar a precalentar los moldes.	Productividad
5	Se recomienda tener el pirómetro ubicado estratégicamente en la línea de producción de FAGC, para poder verificar la temperatura de los moldes.	
6	Se recomienda capacitar adecuadamente a los operarios para darle un buen uso al compresor y su vida útil no se reduzca por mal uso.	
7	Tener dentro del set de dispositivos el correspondiente a extracción de escoria. Además, contar con un recipiente únicamente para depositar escoria extraída del crisol.	
8	Rediseño dimensional de las prensas manuales utilizadas.	

	Hacer uso de un sistema de manipulación de la coquilla para facilitar su ensamble.	
9	Mejorar cucharon porta aluminio líquido para evitar fuga de material. Mejora de diseño.	
	Estandarizar rigidez coquilla mientras se ejecuta el llenado.	
	Se sugiere que esta operación la lleve a cabo dos personas.	
	Se recomienda adicionar una coquilla de la pieza fundida #1 en el proceso.	
10	Estandarizar operación: Hacer uso de un sistema de manipulación de la coquilla para facilitar su desensamble y evitar afectar la calidad del producto final.	
	Se recomienda analizar el uso de un ventilador de mayor caudal si se considera necesario.	
11	Se recomienda el uso de un stand especialmente para las piezas extraídas de la coquilla.	
	Se recomienda el uso de guantes en la sierra sin fin.	
12	Conformar el núcleo: sierra sin fin, taladro de árbol y pulidoras en el flujo del proceso.	
13	Se recomienda el uso de los elementos de seguridad.	
14	Herramienta y componentes de ensamble en el puesto de trabajo en el momento oportuno.	

Nota: Elaboración del autor del texto.

12. Costos de mejoras tecnológicas

Tabla 5.

Costos por propuesta tecnológica

PROPUESTA TECNOLÓGICA	COSTO	Especificación
Cepillos de cerdas de acero motorizados	\$160.000	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad Variable: 5.000 – 32.000 • Bloqueo de la boquilla • Gancho Integrado • Cepillos sustituibles • Motor de 120 W • Empuñadura suave • Marca: Dremel
Prensa pequeña de banco	\$270.000	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Barbero • Producto argentino • Línea en acero
Cometida de manguera flexible con bomba y filtro para reutilizar agua	\$150.000	No aplica. Hecho en planta.
Guantes y tapabocas para limpieza de coquillas	\$16.500	<ul style="list-style-type: none"> • Caja X 100 unidades • Látex de caucho natural 94,56%, otros componentes 5,44% • Desechables, ambidiestros. • No estériles • Biodegradables
Ganchos de acero prediseñados y tubo adecuado	\$80.000	No aplica. Hecho en planta.
Cargador eléctrico	\$400.000	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de carga: 200kg / 400 kg • Marca: Toolcraft • Altura máxima de levantamiento: 12 metros para carga de 200 kg, 6 metros para carga de 400 kg. • Cable de acero 3.6 mm de espesor. • Cable sugerido para reemplazo: TC0988
Recipiente elevado para materia prima	\$633.976	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de peso: 500 libras • Carro hidráulico • Cuatro ruedas

-
- Pedal hidráulico
 - Resistente al aceite antideslizante
-

Nota: Elaboración del autor del texto.

A continuación, se pueden observar unas imágenes aproximadas de las mejoras tecnológicas propuestas en la Tabla 5; según la investigación realizada sobre los costos que significarían estas propuestas, se obtuvo que la empresa gastaría un aproximado de \$2'230.476 COP.

12.1. Cepillos de cerdas de acero motorizados



Ilustración 10. Mototool con cepillos de cerdas de acero Fuente: (Mercadolibre, 2018)

12.2. Prensa pequeña de banco



Ilustración 11. Prensa pequeña de banco. Fuente: (Mercadolibre, 2018)

12.3. Guantes y tapabocas para limpieza de coquillas



Ilustración 12. Guantes de látex. Fuente: (Mercadolibre, 2018)



Ilustración 13. Tapabocas. Fuente: (Mercadolibre, 2018)

12.4. Ganchos de acero pre-diseñados y tubo adecuado

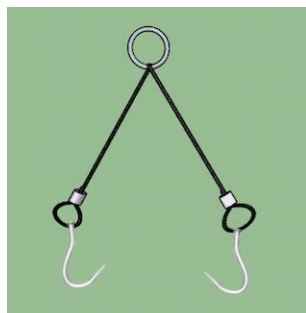


Ilustración 14. Ganchos de acero y tubo adecuado para crisol. Fuente: elaboración propia

12.5. Cargador eléctrico



Ilustración 15. Cargador eléctrico. Fuente: (Mercadolibre, 2018).

12.6. Guantes especiales



Ilustración 16. Guantes especiales para la sierra sin fin. Fuente: (Mercadolibre, 2018)

12.7. Prensa apertura fácil



Ilustración 17. Sistema de manipulación de la coquilla para facilitar su ensamble y desensamble. Fuente: Florez, D; Arenas J. (S.f.). Moldeo Metálico por Gravedad para la Manufactura de una Biela de Bicicleta.

12.8. Recipiente elevado para materia prima



Ilustración 18. Elevador para materia prima. Fuente: (Ebay, 2018)

12.9. Cucharón mejorado (diseño)



Ilustración 19. Cucharón. Fuente: (123RF, 2018)

13. Diseño de planta propuesto

A continuación, en las Ilustraciones 20 y 21 se puede observar el diseño de planta propuesto con las diferentes mejoras aplicadas. Este diseño de planta se realizó mediante la metodología de celdas en U. “La Celda en U es un concepto moderno introducido por la filosofía de manufactura esbelta en empresas de clase mundial, la cual propone un proceso de producción con la configuración de una U” (Melgoza y Álvarez, 2012).

Se propone un cambio en las dimensiones de la sección de fundición. Actualmente, la empresa cuenta con una sección de FAGC de 4m*6m y la propuesta de mejora es tener una sección de FAGC de 6m*8m. Estas nuevas dimensiones ya han sido aprobadas por la gerencia de Metallan S.A.S.

Los principales beneficios de la nueva propuesta son los siguientes:

- Al realizar el proceso hay una mayor organización ya que esta nueva distribución incluye todas las máquinas necesarias en el proceso de FAGC dentro del área de fundición.
- Hay mayor capacidad de producción y productividad.
- Se espera mayor calidad en el producto, gracias a las mejoras tecnológicas.
- Esta nueva distribución del sector de fundición de FAGC tiene en cuenta en cada una de las operaciones de la FAGC la seguridad y salud en el trabajo para los operarios. Es decir, una disminución de accidentes y enfermedades laborales.
- Disminución de las distancias a recorrer.
- Circulación adecuada para el personal, equipos móviles, materiales y productos en elaboración.
- Disminución del tiempo de fabricación.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.

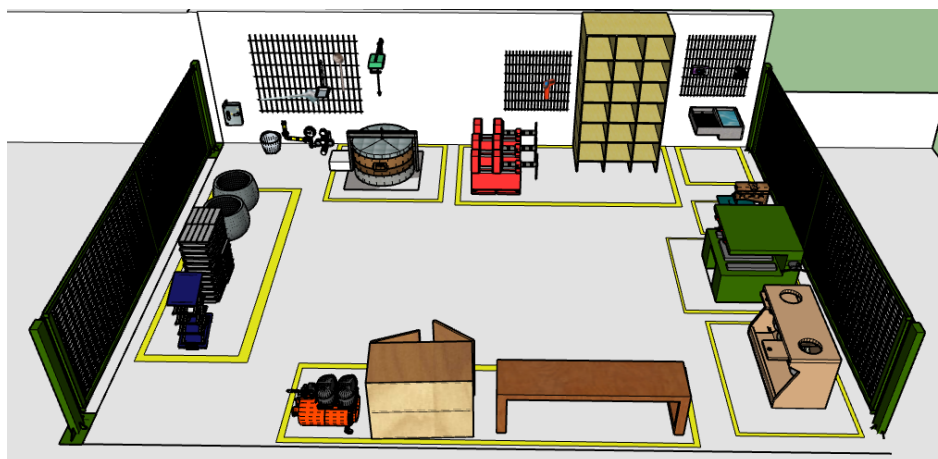


Ilustración 20. Propuesta Diseño de Planta Vista Lateral. Fuente: Elaboración propia.

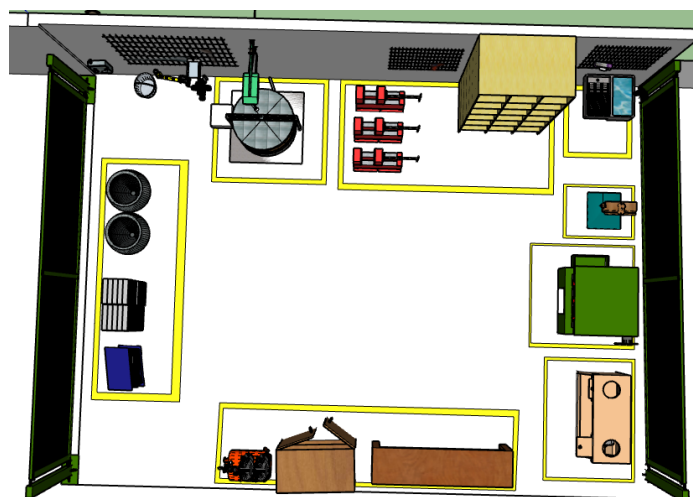


Ilustración 21. Propuesta Diseño de Planta Vista Superior. Fuente: Elaboración Propia

14. Estudio de tiempos

A continuación en la Tabla 6 se presenta el estudio de tiempos realizado a partir de la simulación planteada en el numeral 11.

En esta tabla todos los datos se dan en minutos, excepto la primera columna la cual corresponde al consecutivo de la operación.

Tabla 6

Estudio de tiempos.

OPERACIÓN #	Lectura con regresos a cero (TO)	Factor de Desempeño (Calificación – C)	Tiempo Normal (TN)	Tiempo Estándar (TE)
1	31,7	105	33,3	40
2	6,8	98	6,7	8
3	3,2	103	3,3	4
4	162,5	100	162,5	195
5	10,0	100	10,0	12
6	1,6	105	1,7	2
7	2,6	98	2,5	3
8	1,2	105	1,3	1,5
9	0,4	97	0,4	0,5
10	0,6	107	0,7	0,8
11	83,3	100	83,3	100
12	2,4	103	2,5	3
13	4,2	100	4,2	5
14	0,3	103	0,3	0,4

Nota: Elaboración del autor.

TO: Tiempo Medio Observado

C: Calificación de Desempeño

TN: Tiempo Normal

TE: Tiempo Estándar

$$\text{TN: } TO \times \left(\frac{C}{100} \right)$$

$$\text{TE: } TN \times (1 + 0.20):$$

15. Estimación de capacidad de producción, productividad y calidad después de la aplicación de las mejoras propuestas

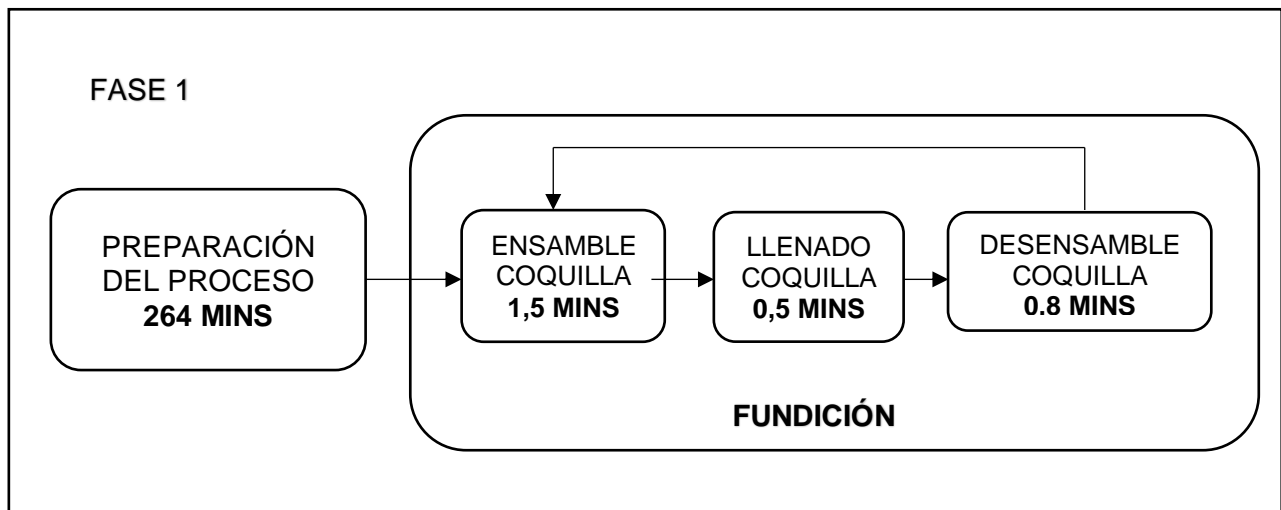


Figura 7. Fase uno del proceso de FAGC con tiempos estimados. Fuente: Elaboración propia

Los cálculos realizados a continuación se realizan teniendo en cuenta dos turnos de ocho horas. Los procesos realizados durante la fase uno, se realizan con la ayuda de dos operarios.

15.1. Capacidad instalada estimada (fase uno)

Según las propuestas de mejora tecnológica de este proyecto, se estima que en dos turnos de ocho horas se logra obtener 248,57 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

$$\text{Capacidad Instalada: } ((16 \times 60 \text{ min}) - 264 \text{ min}) / 2,8 \text{ min}$$

$$\text{Capacidad Instalada: } (960 \text{ min} - 264 \text{ min}) / 2,8 \text{ min}$$

Capacidad Instalada: $696 \text{ min} / 2,8 \text{ min}$

Capacidad Instalada: 248,57 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

15.2. Capacidad efectiva estimada (fase uno)

Si se conserva el porcentaje de la capacidad efectiva respecto a la capacidad ideal (88,74%), y se toma como base las mejoras propuestas, en dos turnos de ocho horas se obtendría en la fase uno: 220,6 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

15.3. Productividad estimada (fase uno)

Se estima que con las propuestas de mejora. En dos turnos de ocho horas, entre dos operarios se produzcan 220,6 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar. Teniendo en cuenta esto, la productividad estimada es de 8 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar por cada hora-hombre.

Productividad: $(220,6 \text{ pares de unidades}) / (27,6 \text{ horas} - \text{hombre})$

Productividad: 8 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar por cada hora hombre.



Figura 8. Fase intermedia del proceso de FAGC con tiempos estimados. Fuente: Elaboración Propia

Debido al tiempo que toma el enfriado, este se realiza durante la noche.

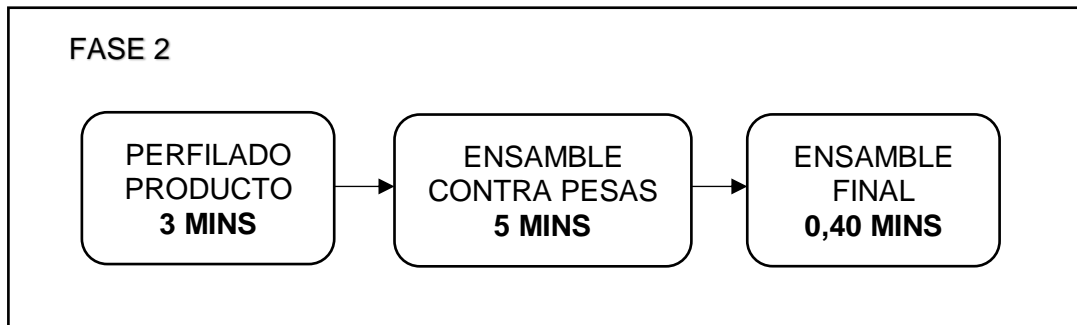


Figura 9. Fase dos del proceso de FAGC con tiempos estimados Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos realizados a continuación se realizan teniendo en cuenta un turno de ocho horas. Los procesos realizados durante la fase dos, se realizan con la ayuda de un operario.

15.4. Capacidad instalada estimada (fase dos)

Según las propuestas de mejora tecnológica de este proyecto, se estima que en un turno de ocho horas se logra obtener 57,14 pares de unidades perfiladas y ensambladas. Esto quiere decir que aplicando las propuestas de mejora se logra producir 220,6 pares de unidades perfiladas y ensambladas en 3,9 turnos de ocho horas.

$$\text{Capacidad Instalada: } (8 \times 60 \text{ min}) / (8,4 \text{ min})$$

$$\text{Capacidad Instalada: } 480 \text{ min} / 8,4 \text{ min}$$

Capacidad Instalada: 57,14 pares de unidades perfiladas y ensambladas.

Turnos necesarios para 220,6 pares de unidades perfiladas y ensambladas:

$$\text{Turnos: } 220,6 / 57,14$$

Turnos: 3,9 turnos para cada 220,6 pares de unidades perfiladas y ensambladas.

15.5. Capacidad efectiva estimada (fase dos)

Si se conserva el porcentaje de la capacidad efectiva respecto a la capacidad ideal (80%), y se toma como base las mejoras propuestas, en un turno de ocho horas se obtendría en la fase dos: 45,71 parejas de piezas fundidas sin perfilar ni ensamblar.

15.6. Productividad estimada (fase dos)

Se estima que con las propuestas de mejora. En un turno de ocho horas, con la ayuda de un operario se produzcan 45,71 pares de unidades perfiladas y ensambladas. Teniendo en cuenta esto, la productividad estimada es de 5,71 parejas fundidas sin perfilar ni ensamblar por cada hora-hombre.

$$\text{Productividad: } (45,71 \text{ unidades completas}) / (8 \text{ hora} - \text{ hombre})$$

Productividad: 5,71 unidades completas de producto por cada hora hombre.

15.7. Calidad estimada

Como ya se mencionó en la situación actual de la empresa, la causa raíz de tener el indicador de calidad en un 94,16% es un llenado incompleto de la coquilla, lo cual es

consecuencia del efecto turbulencia producido por la inclinación inestable y/o incorrecta en el momento de la operación de llena.

Para esta operación se propuso como mejora un sistema de manipulación de coquilla como se muestra en la ilustración 19 con ciertos cambios adicionales para crear el ángulo deseado para el llenado; la rigidez de esta máquina garantiza estabilidad y estandarización del ángulo de llenado. Gracias a esto se estima reducir de siete piezas defectuosas a tres piezas defectuosas de las piezas totales.

$$\text{Calidad: } \left(\frac{\text{Piezas totales} - \text{Piezas defectuosas}}{\text{Piezas totales}} \right) \times 100$$

$$\text{Calidad: } \left(\frac{120 - 3}{120} \right) \times 100$$

$$\text{Calidad: } 97,5\% \rightarrow 98\%$$

Como se pudo observar en el indicador de calidad la calidad de producto mejora en un 4% a la calidad actual.

16. Sistema de mantenimiento de equipos

Partiendo del análisis realizado, y debido a que no se encontró ningún plan de mantenimiento de equipos en el proceso de FAGC, se plantea un sistema básico que se representa inicialmente en el siguiente esquema (Ver figura 10).

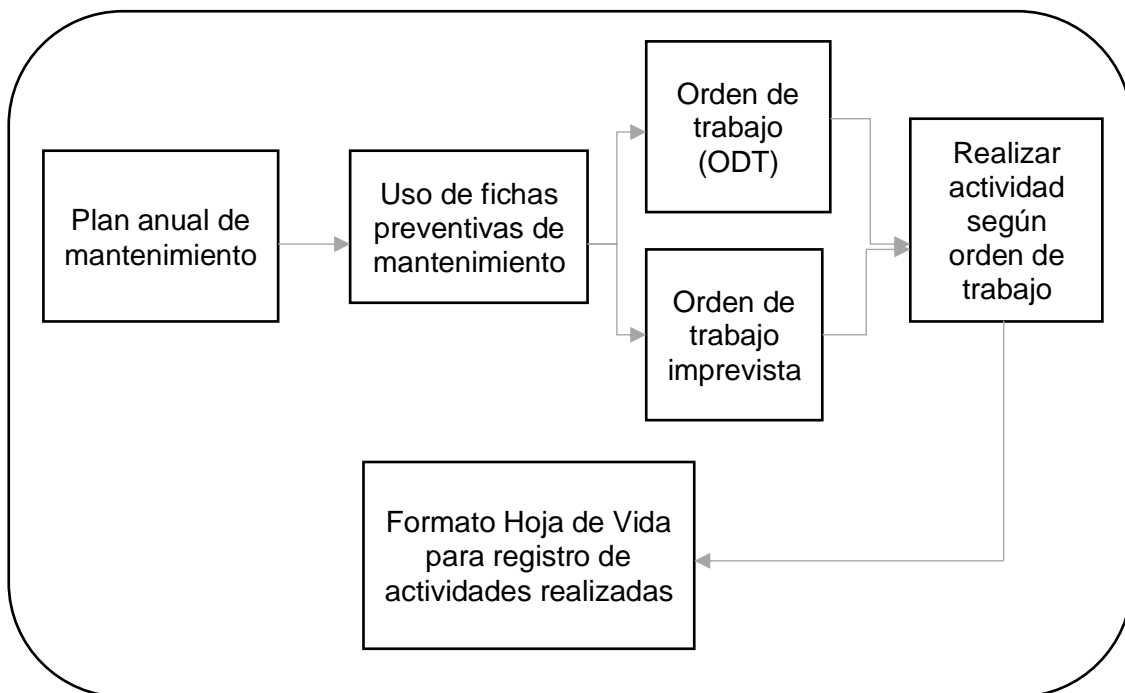


Figura 10. Proceso básico del plan de mantenimiento de equipos. Fuente: Elaboración propia.

Este sistema básico se describirá paso a paso de manera general:

16.1. Plan anual de mantenimiento

Este plan (Ver Anexo 1) consta de realizar una acción preventiva, periódica que se ubica en la semana de manera flexible para que se pueda elegir cualquier día a la semana. Es necesario que la persona encargada del departamento de mantenimiento o el gerente de la empresa seleccionen el día más adecuado de la semana seleccionada para llevar a cabo el proceso de mantenimiento preventivo.

16.2. Ficha preventiva

Esta ficha preventiva (Ver Anexo 3) es una guía para que el operario de mantenimiento, basándose en ella realice la inspección metódica y estándar.

16.3. Realización de la actividad

La actividad normalmente será preventiva según la fecha expuesta en la ficha, pero es posible se presenten eventos inesperados que se consideran mantenimientos correctivos. Estos mantenimientos correctivos y preventivos exigen la ODT (Ver Anexo 2).

16.4. Hoja de vida

Realizado el paso anterior que es una actividad programada según el plan anual o un imprevisto como ya se dijo anteriormente, estas se deben registrar en el formato de la hoja de vida (Ver Anexo 4) que es el histórico de sus eventos a través de un periodo de tiempo, el cual servirá para que según la gerencia de planta hayan actividades de análisis de desempeño de la máquina para eventuales inversiones en la re potenciación de la misma o compra de un equivalente de mayor tecnología.

16.5. Ficha técnica

Este formato (Ver Anexo 5) resume los aspectos más importantes de la máquina en cuanto a lo eléctrico, lo mecánico, lo electrónico y datos del proveedor con el propósito de ser consultado para mantenimiento o una re potenciación de la misma. Esta ficha técnica es importante que se encuentre a la mano de las personas que hacen uso de las máquinas.

17. Manual de estandarización y capacitación

Estandarizar es garantizar realizar de la misma manera todas las actividades correspondientes a los procesos involucrados. Por supuesto que se estandariza la mejor manera. En otras palabras, se explora y se encuentra la mejor práctica y se estandariza.

Esta mejor práctica cumple con criterios muy claros como son:

- La práctica que garantice cero accidentes y cero enfermedades laborales.
- La práctica que garantice 100% de calidad
- La práctica que garantice el mayor nivel de productividad
- La práctica que garantice protección al medio ambiente.

Es por esto que en los documentos involucrados en la presente guía de estandarización (Ver Anexo 6) se encuentran símbolos que están generando un continuo tener en cuenta los criterios ya mencionados.

Partiendo del establecimiento de esta guía básica de estandarización se tomó como referencia la filosofía y prácticas planteadas por “Lean Manufacturing” surgida del modelo Toyota el cual se fue estructurando en Japón durante el siglo pasado producto de la fusión de prácticas tomadas de las plantas Ford en Estados Unidos y otros exponentes de la calidad en el mundo con la disciplina y simplicidad de los japoneses.

Se esquematiza inicialmente por medio de un mapa de procesos, las operaciones principales secuenciales que conforman el paso a paso de actividades predefinidas para lograr el producto fundido con los requerimientos pactados con el cliente.

Continúa la propuesta de estandarización con la aplicación de las 5S´s puesto que es indispensable que los operarios cuenten con un área de trabajo segura, limpia y ordenada; esto logra un mejor ambiente de trabajo e influye en la calidad y productividad. La ficha 5 S´s de Manufactura Estándar es una guía que conduce a verificar al inicio de cada turno que los operarios estén utilizando los elementos de seguridad y salud en el

trabajo de manera correcta y en los momentos indicados. También se verificará que al iniciar el turno el espacio de trabajo se encuentre en las condiciones establecidas según la Ficha 5's para que el operario que recibe en un potencial segundo turno encuentre el área en condiciones óptimas y continúe así mismo con el desempeño esperado en este tema.

Otro aspecto a resaltar en la aplicación de las Ficha 5'S Manufactura Estándar establece el tratamiento de áreas de difícil o fácil acceso para su limpieza, en otras palabras, en esta ficha se define que el operario por cada turno al finalizar la jornada debe mantener limpio y en su respectivo lugar cada uno de los elementos y lugares de fácil acceso y mensualmente los elementos y lugares de difícil acceso.

- **Instructivo manufactura estándar:** Este instructivo nos cuenta como realizar cada operación del proceso y para qué o por qué; además nos resalta en cuales operaciones puede verse afectada la seguridad del operador, así mismo nos da a conocer al final de cuales operaciones se realiza un chequeo de calidad y en que operaciones puede haber un riesgo ambiental.

Como se puede observar en el cuadro, hay una columna en blanco, esto se debe a que en esta columna debe ir el registro fotográfico de la forma correcta de hacer cada operación, es por esto que a medida que la empresa empiece a implementar el instructivo de Manufactura estándar se deben recolectar registros fotográficos para completar este instructivo. Como ya se mencionó es una guía básica, pero la empresa puede entrar en detalles más profundos si lo ve necesario, esto se verá reflejado en el transcurso de la implementación del instructivo.

- **Hoja de manufactura estándar:** Esta ficha, involucra y relaciona cada una de las operaciones y actividades con un procedimiento o instructivo que permite registrar la minuciosidad requerida para asegurar un correcto desempeño para dar

cumplimiento a los criterios de estandarización planteados previamente. Se sugiere utilizar la buena práctica realizada en la Organización Corona en donde estos instructivos son llamados “OPL” (One Point Lesson). Se denominan así puesto que cada uno de ellos se focalizan en especificar de manera estándar el correcto paso a paso para lograr un objetivo ya sea en la planta de producción para el cambio de un dispositivo, la reparación de una válvula como también en el área administrativa para una verificación contable, por ejemplo.

Para la creación de las OPL se tiene en cuenta las actividades cíclicas como también las a-cíclicas las cuales se les resta atención y sin embargo pueden afectar significativamente la productividad

Se recomienda crear manuales independientes para cada una de las actividades cíclicas y acíclicas para alcanzar un mayor nivel de estandarización.

- **Entrenamiento estándar:** Este aspecto es esencial. Si se generan estándares que son el resultado de las mejores prácticas es fundamental asegurar un entrenamiento también estándar que permita mantener un inventario claro y práctico de los niveles de entrenamiento de cada uno de los operarios de la planta de producción. Lo anterior conduce igualmente a generar planes de entrenamiento y reentrenamiento y acciones de seguimiento de niveles de competencia requeridos según la exigencia y criticidad de las variables a ser controladas en el proceso.

Para dar cumplimiento a lo anterior de manera básica, se plantea para iniciar la utilización de las siguientes dos fichas:

- **Lista de chequeo y entrenamiento estandarizado (capacitación operario):** En esta lista se encuentran los paso a paso generales para llevar a cabo el entrenamiento de los operarios, este método realizado cuenta con diferentes niveles de capacitación: 1. operario en entrenamiento básico, 2. operario habilitado para realizar operaciones, 3. operario habilitado para poder realizar puesta a punto y reprocesos.
- **Matriz polivalencia:** En esta matriz se evidencia en qué nivel se encuentran cada uno de los operarios que normalmente se mantiene en un proceso de capacitación continua. Este nivel se evidencia gráficamente mediante un triángulo cuyo tres lados manifiestan niveles correspondientes al 30%, 60% y 100%.

Todo este proceso de estandarización es complementado por uno de los procesos soporte más importante el cual es el sistema de mantenimiento ya expuesto en el texto del presente trabajo. Este sistema debe garantizar un 100% de confiabilidad de los equipos de producción para garantizarle al cliente 100% de cumplimiento en tiempo y calidad de sus requerimientos.

18. Conclusiones y recomendaciones

- METALLAN S.A.S como empresa representativa de la industria de la fundición, no define indicadores representativos de desempeño de procesos. Debido a esto, difícilmente se tienen planes de acción que apunten a superar retos de productividad y competitividad. El presente trabajo aporta mediciones como capacidad de producción, productividad y calidad; se espera que a partir de la fecha se mantengan como referencia para la optimización de sus procesos.
- El estudio de métodos y tiempos es una herramienta básicamente conocida por los gerentes de la empresa, pero muy poco utilizada. El presente trabajo les mostró cómo esta herramienta aplicada periódicamente aporta al proceso de mejoramiento continuo.
- El diagnóstico realizado como parte de este proyecto orientó a proponer mejoras en la distribución en planta, siendo la técnica de las 5's la herramienta utilizada para estandarizar la mejor práctica en organización y limpieza de equipos y herramientas.
- La propuesta básica de mejora que presenta el proyecto se considera moderada en cuanto a inversión, teniendo en cuenta el incremento porcentual de los indicadores de desempeño tales como capacidad de producción, productividad y calidad.
- El nuevo diseño de distribución en planta evidencia alto nivel de organización y con mayor garantía de protección de los equipos y herramientas y con la claridad de mejor flujo del proceso.
- La mejora propuesta tiene en cuenta la aplicación de conceptos básicos de ergonomía, que reduce la posibilidad de enfermedades de tipo laboral.

- Se propone una ficha 5's de manufactura estándar que busca mantener el estado continuo de orden y limpieza la cual se encuentra en el manual de estandarización y capacitación.
- Se propone un instructivo de manufactura estándar mediante el cual los operarios tendrán la claridad de cómo, por qué y para qué se llevan a cabo los pasos especificados en cada operación; lo cual reduce altamente el nivel de improvisación.
- Se propone una Hoja de Manufactura Estándar (HMES), la cual involucra los documentos estándar relacionados con el proceso de manufactura como planos, instructivos, procedimientos, ayudas visuales y normas.
- Es importante que la empresa aplique el entrenamiento estandarizado a sus operarios, ya que esto ayudará a llevar un registro de quiénes han sido capacitados correctamente por la empresa. Además, la empresa estará instruyendo al operario de la forma en la que se requiere que se lleve a cabo el proceso de FAGC para obtener un mejor producto final, con las características requeridas por el cliente.
- La aplicación del sistema básico de mantenimiento de equipos ayudará mediante la inspección preventiva a evitar paradas imprevistas de producción.
- Al aplicar las propuestas de mejora, organizacionales como tecnológicas, se puede evidenciar que la capacidad instalada y efectiva incrementarían en un 83,82% en la fase uno del proceso.
- Al aplicar las propuestas de mejora se puede evidenciar que la productividad tiende a incrementar considerablemente desde la fase uno del proceso. La capacidad instalada, la capacidad efectiva y la productividad tienden a incrementar en un 52% en la fase dos del proceso. Además, se proyecta que la calidad de los productos incremente en al menos un 3,3%.

- Se recomienda implementar un sistema integrado de gestión para dar cumplimiento a los estándares de la norma NTC-ISO 9001:2015 y la NTC-ISO 45001:2018.
- En general, se recomienda tomar como base el presente trabajo y mantener un ritmo continuo de diagnóstico, propuestas de mejora e implantación de las mismas evidenciando el proceso mediante indicadores que nos conduzcan a ser más competitivos en el mercado nacional e internacional.

Lista de referencias

- 123RF. (2018). Foto de archivo - Operador verter piezas de automóviles de aluminio mediante el vertido de la cuchara. Obtenido de es.123rf.com: https://es.123rf.com/photo_42094869_operador-verter-piezas-de-autom%C3%B3viles-de-aluminio-mediante-el-vertido-de-la-cuchara.html
- Álvarez Rodríguez, E. M. (2017). Diseño de una planta de extrusión de Aluminio.
- Álvarez Rodríguez, E. M. (Julio de 2017). Diseño de una planta de extracción de aluminio. (Tesis de Maestría). Obtenido de digibuo.uniovi.es: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43693/3/TFM_EmilioMAlvarezRodriguez.pdf
- Ardila López, G. (2007). Optimización de la resistencia a fatiga de una estructura cerrada de aluminio mediante unión soldada.
- Arias Espín, W. D. (2007). (Bachelor's tesis). Diseño y construcción de un equipo para colado en molde permanente.
- Carrizosa Isaza, P. (2007). (Bachelor's tesis). Modelación y análisis de un molde para fundición de aluminio por coquilla Universidad EAFIT.
- Diego-Mas, J. A. (2006). (Memoria de la Tesis Doctoral). Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades. Publicado por la UPV. Valencia, España.
- EBay. (2018). Rolling Table Cart 500LB Capacity Hydraulic Cart W/Foot Pump Dolly Heavy Duty. Obtenido de ebay: <https://www.ebay.com/itm/Rolling-Table-Cart-500LB-Capacity-Hydraulic-Cart-W-Foot-Pump-Dolly-Heavy-Duty-/182366693585>
- Fernández, F. J. M. (2011). (Doctoral dissertation). Simulación de una pieza obtenida por fundición metálica.
- Florez, D; Arenas J. (s.f.). Moldeo Metálico por Gravedad para la Manufactura de una Biela de Bicicleta. Recuperado el día 24 de Julio de 2018, de Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín Sitio web: www.unalmed.edu.co

Játiva Cárdenas, N. C. (2012). Diseño de la distribución de la nueva planta en la Empresa Maldonado García Maga.

Martín Fernández, J. (2011). Simulación de una pieza obtenida por fundición metálica.

Medina P, Jorge A. (Julio, 2010). Estudio integral para la recuperación de chatarra de aluminio. Recuperado el día 29 de Julio de 2018, de Universidad Tecnológica Equinoccial Sitio web: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/12003/1/42743_1.pdf

Mejía, H., Wilches, M. J., Galofre, M., & Montenegro, Y. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, 3(49), 63-68.

MercadoLibre. (2018). Guante Para Examen Latex Talla M Caja X 100 Und Inverfarma. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-468164916-guante-para-examen-latex-talla-m-caja-x-100-und-inverfarma-_JM

MercadoLibre. (2018). Guantes Anti-Corte Protección Trabajo Nitrilo Industriales. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452750093-guantes-anti-corte-proteccion-trabajo-nitrilo-industriales-_JM

MercadoLibre. (2018). Mototool 3000pa 10 Accesorios + Grabador 290 Dremel. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-450714281-mototool-3000pa-10-accesorios-grabador-290-dremel-_JM

MercadoLibre. (2018). Polipasto Eléctrico 200 - 400 Kg Toolcraft Ref: Tc3414. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-475532231-polipasto-electrico-200-400-kg-toolcraft-ref-tc3414-_JM

MercadoLibre. (2018). Prensa Banco # 3 Tipo Pesado Barbero. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-447553260-prensa-banco-3-tipo-pesado-barbero-_JM

MercadoLibre. (2018). Tapabocas Desechables, 50 Unidades, Color Azul, Blanco. Obtenido de articulo.mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452749279-tapabocas-desechables-50-unidades-color-azul-blanco-_JM

Merry, Michael. (febrero 01, 2018). Usos del elemento aluminio. Recuperado el día 29 de Julio de 2018, de Cuida tu dinero Sitio web: <https://www.cuidatudinero.com/13180388/usuarios-del-elemento-aluminio>.

Muther, R.. (1981). Distribución en planta. Edit.: McGraw Hill. New York.

Palas Zúñiga, María Alejandra del Rosario. (2012). Reconocimiento de fases en aleaciones de aluminio en estado modelado. Recuperado el día 16 de Julio de 2018, del Repositorio Institucional Pirhua Sitio web: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1726/IME_163.pdf?sequence=1.

Pando Bacuilima, F. M., & Zapatán Palacios, C. M. (2012). (Bachelor's thesis). Análisis del proceso de fundición de aluminio y propuestas de mejoras en la eficiencia de producción de bases dentadas en la empresa PRESS FORJA SA.

Anexo 2. Orden De Trabajo.

	Metallan S.A.S Departamento De Mantenimiento Orden De Trabajo	Versión: 01
--	--	--------------------

		ODT No	Consecutivo
Solicitante:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Quien pide el servicio </div>	Cargo	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Del solicitante </div>
		Fecha	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> De solicitud </div>
		Hora	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Hora solicitud </div>
Máquina:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Que requiere el servicio </div>	Código:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> De la máquina </div>
		Ubicación:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Ambiente al que pertenece </div>
Servicio Solicitado De Mantenimiento		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 80%; margin: 0 auto;"> Seleccionar según sea el origen del servicio </div>	
<input type="checkbox"/> De Mejora	<input type="checkbox"/> Predictivo	<input type="checkbox"/> Preventivo	<input type="checkbox"/> Correctivo

Descripción De La Falla O Servicio Solicitado
 Descripción Del Servicio Según Solicitante

Diagnóstico De Mantenimiento (Causa Raíz)
 Descripción De La Causa Raíz Según Técnico

Descripción Proceso De Solución
 Descripción De Los Pasos Realizados Para Recuperar La Condición Requerida De La Máquina

Tiempos De Mantenimiento	
Nombre De Técnicos Involucrados	Tiempo (Hrs)
Técnicos Que Realizaron La Tarea	Horas Utilizadas
Total Hrs	

Costos De Mantenimiento	
Costo (Real O Estimado) De Repuestos O Servicios	\$Col
Lista De Los Materiales O Repuestos	Costo Verificado O Estimado
Total	

	Nombre	Firma
Entrega		
Recibe		
Fecha	Dd/Mm/Aa: Fecha De Entrega	Hora: Hora De Entrega

Descripción Proceso De Solución
 Registro Adicional Requerido

Anexo 3. Ficha Mantenimiento Preventivo

	Metallan S.A.S Departamento De Mantenimiento Ficha Mantenimiento Preventivo	Versión: 01
--	--	--------------------

Ambiente:

Máquina:

Código:

Modelo:

Serial:



Aspectos Mecánicos Por Revisar:

- Verificar Que Las Guardas De Seguridad Estén En Correcto Estado.
- Verificar Que No Exista Fuga De Aceite O Grasa En La Máquina.
- Verificar Que El Sistema De Lubricación Y Sus Componentes Se Encuentran Funcionando Correctamente.
- Verificar Que El Sistema De Refrigeración Y Sus Componentes Se Encuentran Funcionando Correctamente.
- Verificar Que La Copa Y Sus Componentes Funcionan Correctamente.
- Verificar Que El Punto Y Sus Componentes Funcionan Correctamente.
- Verificar El Tren De Engranajes Y Sus Componentes Funcionan Correctamente (Ruidos).

Aspectos Eléctricos Por Revisar:

- Asegurarse Que Todos Los Componentes Eléctricos Están Debidamente Anclados Y Con La Respectiva Cubierta.
- Asegurarse Que No Hay Cables Al Aire. Todos Deben Estar Anclados Y No Presentar Riesgo.
- Asegurarse Que Ningún Componente Del Circuito Eléctrico Esté Expuesto A La Humedad (Aceites, Refrigerante O Agua).
- Verificar Correcta Iluminación Y El Estado De Los Componentes Del Sistema.
- Verificar Correcto Estado Del Tablero De Mando (Botones, Leds Y Pantallas).
- Verificar Correcto Estado Del Motor Principal.
- Verificar Correcto Estado Del Transformador De La Máquina.

Notas

El Objetivo De Esta Actividad Es Restablecer El Estado Correcto De Las Condiciones Y/O Generar Una ODT Adicional Para Los Casos Que Así Lo Requieran Con El Propósito De Garantizar Seguridad Industrial O Por Limitaciones De Tipo Tecnológico (Herramientas Y/O Conocimiento).

MANUAL DE ESTANDARIZACION Y CAPACITACIÓN

Estandarizar es garantizar realizar de la misma manera todas las actividades correspondientes a los procesos involucrados. Por supuesto que se estandariza la mejor manera. En otras palabras, se explora y se encuentra la mejor práctica y se estandariza.

Esta mejor práctica cumple con criterios muy claros como son:

1. La práctica que garantice cero accidentes y cero enfermedades laborales.
2. La práctica que garantice 100% de calidad
3. La práctica que garantice el mayor nivel de productividad
4. La práctica que garantice protección al medio ambiente.

Es por esto que en los documentos involucrados en la presente guía de estandarización se encuentran símbolos que están generando un continuo tener en cuenta los criterios ya mencionados.

Partiendo del establecimiento de esta guía básica de estandarización se tomó como referencia la filosofía y prácticas planteadas por “Lean Manufacturing” surgida del modelo Toyota el cual se fue estructurando en Japón durante el siglo pasado producto de la fusión de prácticas tomadas de las plantas Ford en Estados Unidos y otros exponentes de la calidad en el mundo con la disciplina y simplicidad de los japoneses.

Se esquematiza inicialmente por medio de un **mapa de procesos**, las operaciones principales secuenciales que conforman el paso a paso de actividades predefinidas para lograr el producto fundido con los requerimientos pactados con el cliente.

Continúa la propuesta de estandarización con la aplicación de las 5S's puesto que es indispensable que los operarios cuenten con un área de trabajo segura, limpia y ordenada; esto logra un mejor ambiente de trabajo e influye en la calidad y productividad. **La ficha 5 S's de Manufactura Estándar** es una guía que conduce a verificar al inicio de cada turno que los operarios estén utilizando los elementos de seguridad y salud en el trabajo de manera correcta y en los momentos indicados. También se verificará que al iniciar el turno el espacio de trabajo se encuentre en las condiciones establecidas según la Ficha 5's para que el operario que recibe en un potencial segundo turno encuentre el área en condiciones óptimas y continúe así mismo con el desempeño esperado en este tema.

Otro aspecto a resaltar en la aplicación de las Ficha 5'S Manufactura Estándar establece el tratamiento de áreas de difícil o fácil acceso para su limpieza, en otras palabras, en esta ficha se define que el operario por cada turno al finalizar la jornada debe mantener limpio y en su respectivo lugar cada uno de los elementos y lugares de fácil acceso y mensualmente los elementos y lugares de difícil acceso.

Instructivo Manufactura Estándar: Este instructivo nos cuenta cómo realizar cada operación del proceso y para qué o por qué; además nos resalta en cuales operaciones puede verse afectada la seguridad del operador, así mismo nos da a conocer al final de cuales operaciones se realiza un chequeo de calidad y en que operaciones puede haber un riesgo ambiental.

Como se puede observar en el cuadro, hay una columna en blanco, esto se debe a que en esta columna debe ir el registro fotográfico de la forma correcta de hacer cada operación, es por esto que a medida que la empresa empiece a implementar el instructivo de Manufactura estándar se deben recolectar registros fotográficos para completar este instructivo. Como ya se mencionó es una guía básica, pero la empresa puede entrar en detalles más profundos si lo ve necesario, esto se verá reflejado en el transcurso de la implementación del instructivo.

Hoja de Manufactura Estándar: Esta ficha, involucra y relaciona cada una de las operaciones y actividades con un procedimiento o instructivo que permite registrar la minuciosidad requerida para asegurar un correcto desempeño para dar cumplimiento a los criterios de estandarización planteados previamente. Se sugiere utilizar la buena práctica realizada en la Organización Corona en donde estos instructivos son llamados “OPL” (One Point Lesson). Se denominan así puesto que cada uno de ellos se focalizan en especificar de manera estándar el correcto paso a paso para lograr un objetivo ya sea en la planta de producción para el cambio de un dispositivo, la reparación de una válvula como también en el área administrativa para una verificación contable, por ejemplo.

Para la creación de las OPL se tiene en cuenta las actividades cíclicas como también las a-cíclicas las cuales se les resta atención y sin embargo pueden afectar significativamente la productividad

Se recomienda crear manuales independientes para cada una de las actividades cíclicas y acíclicas para alcanzar un mayor nivel de estandarización.

Entrenamiento estándar: Este aspecto es esencial. Si se generan estándares que son el resultado de las mejores prácticas es fundamental asegurar un entrenamiento también estándar que permita mantener un inventario claro y práctico de los niveles de entrenamiento de cada uno de los operarios de la planta de producción. Lo anterior conduce igualmente a generar planes de entrenamiento y re-entrenamiento y acciones de seguimiento de niveles de competencia requeridos según la exigencia y criticidad de las variables a ser controladas en el proceso.

Para dar cumplimiento a lo anterior de manera básica, se plantea para iniciar la utilización de las siguientes dos fichas

- 1- Lista de Chequeo y Entrenamiento Estandarizado (Capacitación operario):
En esta lista se encuentran los paso a paso generales para llevar a cabo el entrenamiento de los operarios, este método realizado cuenta con diferentes

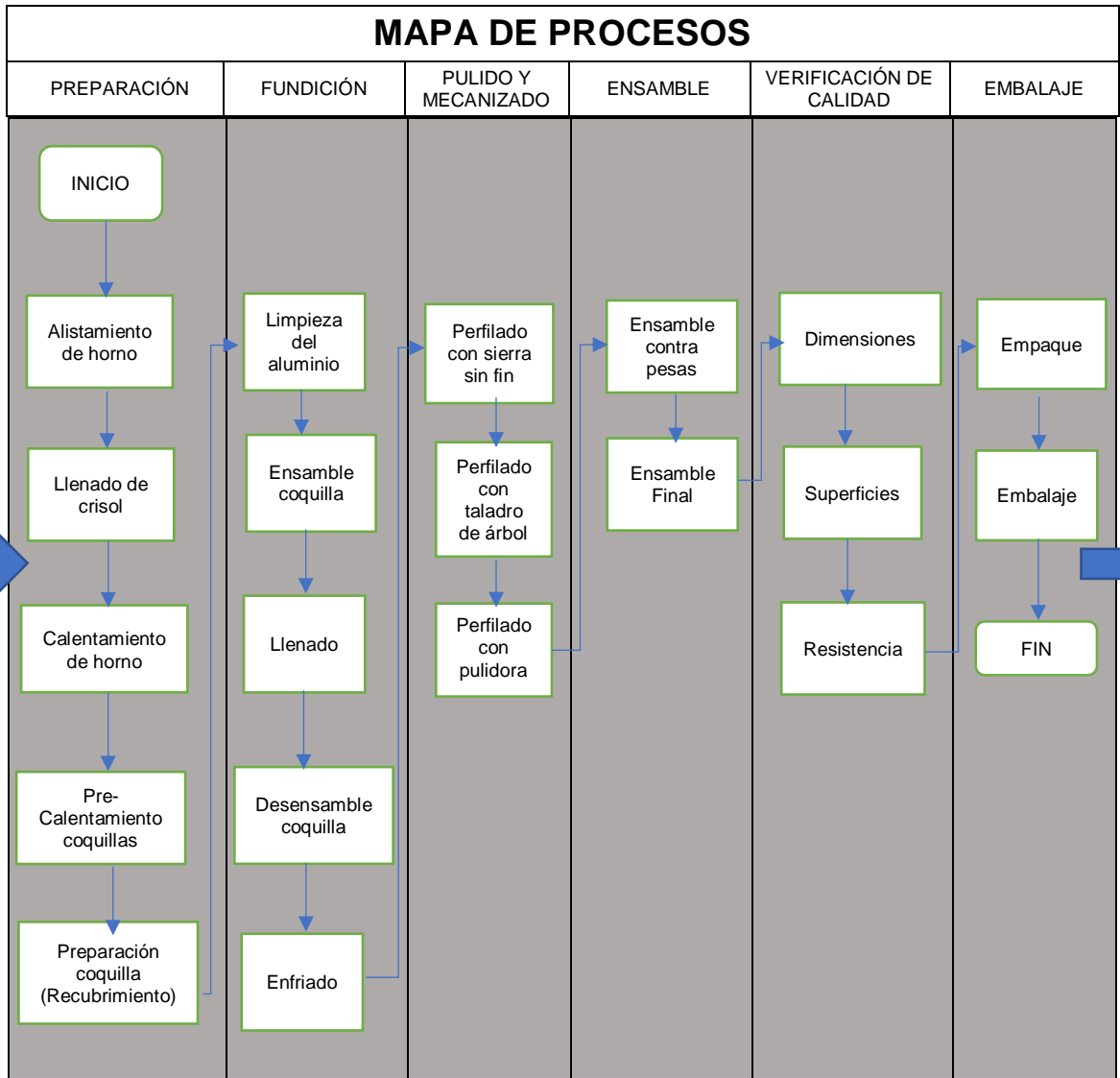
niveles de capacitación: 1. operario en entrenamiento básico, 2. operario habilitado para realizar operaciones, 3. operario habilitado para poder realizar puesta a punto y reprocesos.

- 2- Matriz Polivalencia: En esta matriz se evidencia en qué nivel se encuentran cada uno de los operarios que normalmente se mantiene en un proceso de capacitación continua. Este nivel se evidencia gráficamente mediante un triangulo cuyos tres lados manifiestan niveles correspondientes al 30%, 60% y 100%.

Todo este proceso de estandarización es complementado por uno de los procesos soporte más importante el cual es el sistema de mantenimiento ya expuesto en el texto del presente trabajo. Este sistema debe garantizar un 100% de confiabilidad de los equipos de producción para garantizarle al cliente 100% de cumplimiento en tiempo y calidad de sus requerimientos.


ENTRADAS










- Materiales
- Empaques
- Insumos de producción
- Formato de calidad
- Know How
- Coquillas
- Herramientas






SALIDAS


- Producto terminado
- Registro de proceso de manufactura
- Residuos del proceso de manufactura.



INSTRUCTIVO MANUFACTURA ESTÁNDAR (IMES)			
MANUFACTURA ESTÁNDAR		ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
LÍNEA: AMORTIGUADOR	MAQUINA (S):		
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR GRAVEDAD EN COQUILLA - AMORTIGUADOR ESTÁNDAR DE ACTIVIDADES CICLO OPERACIONAL		
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD		DOCUMENTO BÁSICO	<input type="checkbox"/>




SIMBOLOS		ABREVIATURAS	CÓDIGO DOC.			
<table border="1"> <tr> <td>RIESGO AMBIENTAL </td> <td>CHEQUEO DE CALIDAD </td> <td>SEGURIDAD DEL OPERADOR </td> </tr> </table>	RIESGO AMBIENTAL 	CHEQUEO DE CALIDAD 	SEGURIDAD DEL OPERADOR 	<input type="checkbox"/>	FAGC: FUNDICIÓN DE ALUMINIO POR GRAVEDAD EN COQUILLA	
	RIESGO AMBIENTAL 	CHEQUEO DE CALIDAD 	SEGURIDAD DEL OPERADOR 			
	O.P.I.: LECCIÓN DE UN PUNTO					
	L.CH: LISTA DE CHEQUEO					
	C.E.P: CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO					
P.A.P : PUESTA A PUNTO						
DOCUMENTO OPCIONAL		P.C: PLAN DE CONTROL				




ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)	¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
1	Alistamiento de horno		<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduzca en el horno el crisol correspondiente al proceso de FAGC haciendo uso del cargador eléctrico. 2. Verifique de manera visual que la fibra de vidrio está ubicada correctamente cumpliendo su misión. 3. Tome la termocupla que se encuentra en la malla y ubíquela en el lugar correspondiente a ella en el horno antes de iniciar la siguiente operación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para poder iniciar la operación de llenado de crisol. 2. Para que la fibra de vidrio garantice hermeticidad 3. Para poder llevar el seguimiento de la temperatura a la que se encuentra el horno en todo el proceso de FAGC.


ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
2	Llenado de crisol			<ol style="list-style-type: none"> 1. Vaya a la sección donde se encuentra el elevador para materia prima. 2. Con el elevador para materia prima vaya a la sección de los lingotes, ubique la cantidad de lingotes necesarios en el elevador para materia prima y transpórtelos hacia el horno. 3. Ubique los lingotes de aluminio dentro del crisol. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Porque con el elevador para materia prima se transportarán los lingotes de aluminio hacia el horno. 2. Para poder iniciar la operación de llenado. 3. Para poder iniciar la operación de calentamiento de horno.
3	Calentamiento de horno			<ol style="list-style-type: none"> 1. Colóquese los elementos de seguridad requeridos para esta operación. 2. Abra la llave del gas 3. Accione el botón de encendido en el tablero donde se encuentra el pirómetro. 4. Espere a que se realice la operación de barrido del horno con aire y posterior encendido de este de manera secuencial. 5. Espere hasta que llegue a una temperatura de 650°C. 6. La temperatura a la que debe llegar el horno es a 750°C. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo 2. Para poder realizar el siguiente paso. 3. Para poder visualizar la temperatura a la que se encuentra el horno durante todo el proceso. 4. Para empezar el calentamiento. 5. Para poder iniciar la operación de pre-calentamiento de coquillas. 6. Para poder iniciar la operación de limpieza del aluminio fundido en el crisol.



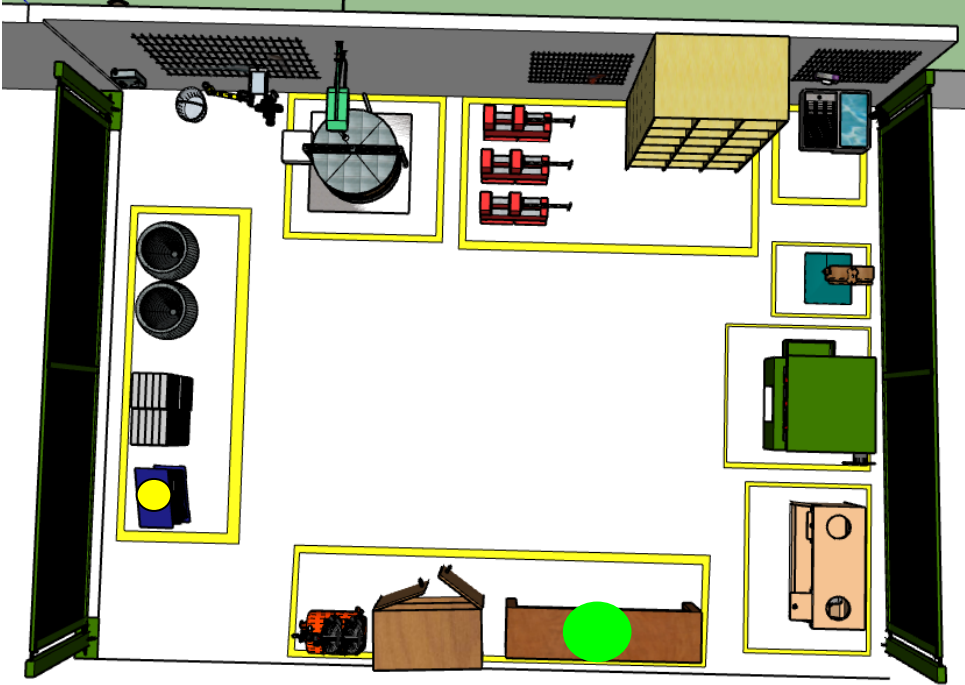

ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
4	Pre-calentamiento coquillas		<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de tener puesto los elementos de seguridad que se requieren para esta operación. 2. Dirijase al gabinete donde se encuentran los 3 pares de coquillas; sáquelas y llévelas al horno. 3. Una vez en el horno, coloque las coquillas en la tapa del horno. 4. La temperatura a la que deben llegar las coquillas es de 280°C, una vez verifique con el pirómetro que la temperatura es la ideal lleve las coquillas al mesón de trabajo. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para poder iniciar la operación de pre-calentamiento de coquillas. 3. para que estas se empiecen a calentar. 4. Para poder iniciar la operación de preparación de coquillas.
5	Preparación coquillas		<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise que cuenta con los elementos de seguridad necesarios para realizar esta operación. 2. Pinte las paredes internas de las coquillas con INJEMAQ IM. 3. Una vez pintadas, traslade los 3 pares de coquillas a la prensa de apertura fácil. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo o alergia. 2. Para facilitar el desensamble de las coquillas y la respectiva extracción del producto después del llenado; esta pintura también prolonga la vida útil de los moldes. 3. Para poder iniciar la operación de limpieza del aluminio fundido en el crisol.

ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)	¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
6	Limpieza del aluminio fundido en el crisol		<ol style="list-style-type: none"> 1. Colóquese los elementos de seguridad estipulados para esta operación. 2. Con el dispositivo establecido extraiga la escoria del aluminio fundido en el crisol. 3. Aplique fundente en el crisol. 4. Extraiga nuevamente la escoria. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para descontaminar el aluminio fundido. 3. Para sacar los últimos componentes de escoria. 4. Para garantizar completa limpieza del aluminio fundido.
7	Ensamble de coquillas		<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad. 2. Ensamble los 3 pares de coquilla en las prensas de apertura fácil junto con una guaya de acero de 7 milímetros de diámetro por cada par de coquillas. 3. Ponga las coquillas a un ángulo de 20°C de la horizontal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para poder inicial la operación de llenado de coquillas y así mismo cumplir parcialmente con el requerimiento de producto final. 3. Para tener un llenado completo y no se cree el efecto turbulencia.
8	Llenado de coquillas		<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad necesarios. 2. Con el cucharón extraiga el aluminio líquido y realice el llenado de los 3 pares de coquillas (Operario 1). 3. Una vez el operario 1 haya realizado el llenado, el operario 2 debe colocar las coquillas en un ángulo de 90°C de la horizontal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para crear las piezas del producto final. 3. Para permitir el llenado completo de las coquillas y pasar a la operación de desensamble de coquillas.

ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
9	Desensamble de coquillas			<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad necesarios. 2. El operario desensambla cada par de coquillas con la prensa de apertura fácil. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para poder extraer las piezas creadas con el aluminio liquido y así mismo pasar a la operación de enfriado.
10	Enfriado			<ol style="list-style-type: none"> 1. Una vez extraídas las piezas póngalas ordenadamente en el stant ubicado al lado de la prensa de apertura fácil. 2. Deje las piezas enfriar durante toda la noche. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para poder realizar la operación de enfriado. 2. Para que al siguiente día al iniciar jornada se pueda empezar la operación de perfilado del producto a toda la producción.
11	Perfilado del producto	 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad necesarios. 2. Con el elevador de materia prima lleve las piezas que ya se encuentran a temperatura ambiente a la sierra sin fin. 3. Una vez quitadas las rebabas, lleve las piezas al taladro de árbol. 4. Una vez realizadas las perforaciones necesarias a todas las piezas, llévelas a las pulidoras. 5. Lleve todas las piezas al mesón de trabajo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para quitarle las rebabas a las piezas. 3. Para realizar perforaciones necesarias y cumplir con los requerimientos del cliente. 4. Para darle los últimos retoques a las piezas y cumplir totalmente con los requerimientos del cliente. 5. Para poder empezar la operación de ensamble de contra pesas.

ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)	¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
12	Ensamble contra pesas	 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique antes de realizar esta operación que está haciendo uso de los elementos de seguridad estipulados por la empresa. 2. Saque las pesas a utilizar que se encuentran debajo del mesón de trabajo. 3. Introduzca la guaya que contienen las piezas fundidas #1 por el extremo abierto de la pesa. Cada pieza debe tener 2 contra pesas, una en cada extremo de la guaya de la pieza. 4. Una vez la guaya se encuentra dentro la pesa y sobresale una longitud de 3 centímetros de guaya por la parte exterior de la pesa, abra estos 3 cm de guaya independizando los filamentos y extendiéndolos hacia la parte exterior de la cara cerrada de la pesa. 5. Introduzca plomo por la parte abierta de la pesa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para poder empezar la operación. 3. Para cumplir con los requerimientos del cliente. 4. Para crear resistencia por parte de las contra pesas. 5. Para darle conectividad y el pegue de la guaya con las contra pesas sea definitivo.
13	Ensamble final del producto		<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad necesarios. 2. Ensamble la pieza complementaria (Pieza fundida #2) a la pieza principal (Pieza fundida #1), utilizando perno, tuerca y arandela de presión. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo. 2. Para obtener el producto final requerido por el cliente.

ITEM No.	OPERACIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN (¿CÓMO?)		¿POR QUÉ? / ¿PARA QUÉ?
14	Limpieza de coquilla			<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilice los elementos de seguridad necesarios para realizar esta operación. 2. Limpie las coquillas utilizadas; esto se hará con la ayuda de un mototool y cepillos de cerdas de acero de diferentes tamaños. El mototool y las cerdas de acero las encontrará en la malla ubicada más arriba de la acometida de agua donde se realiza esta operación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar cualquier accidente de trabajo o alergia. 2. Para dejar limpias las coquillas utilizadas y al iniciar la siguiente producción los operarios encargados encuentren las coquillas listas para volverlas a usar.

FICHA 5'S MANUFACTURA ESTÁNDAR				
	OBJETIVO:	MANTENER EL ESTADO DEL PUESTO DE TRABAJO EN CONDICIONES ÓPTIMAS DE ORDEN Y ASEO, DURANTE LA JORNADA LABORAL Y AL FINALIZAR EL TURNO	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:	FAGC
			RESPONSABLE:	OPERARIO
METODOLOGÍA PARA REALIZAR 5'S	1.	SELECCIONAR	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN:	INICIO TURNO / DURANTE EL TURNO / FINAL TURNO
	2.	ORDENAR		
	3.	LIMPIAR		
	4.	MANTENER	ELABORÓ:	
	5.	ESTANDARIZAR		
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			ELEMENTOS DE ASEO	
				
				

NIV. REV	CAMBIO	REALIZADO POR:	Vo Bo COORD. Planta	Vo Bo COORD. Producción	Vo Bo LET	Vo Bo OPERARIO	FECHA
-	LIBERADO						

RESPONSABILIDAD DEL OPERARIO DE PRODUCCIÓN (DE DIFÍCIL ACCESO)

FRECUENCIA:		MENSUAL
1.	Partes internas de las máquinas (Sierra sin fin, taladro de árbol, prensa apertura fácil y pulidoras)	
2.	Termocupla	
3.	Parte interior del horno	
4.	Compresor	
5.	Cargador eléctrico	
¿ QUE ?	MANTENER LIMPIO	

RESPONSABILIDAD DEL OPERARIO DE PRODUCCIÓN (DE FÁCIL ACCESO)








FRECUENCIA:		POR TURNO
1.	Remover biruta de la superficie de la sierra sin fin	
2.	Limpiar pintura blanca de las coquillas utilizadas.	
3.	Remover biruta de la superficie del taladro de árbol	
4.	Remover biruta de la superficie de las pulidoras.	
5.	Limpiar superficie del elevador para materia prima	
¿ QUE ?	MANTENER LIMPIO, Y EN SU RESPECTIVO LUGAR CADA UNO DE LOS ELEMENTOS	

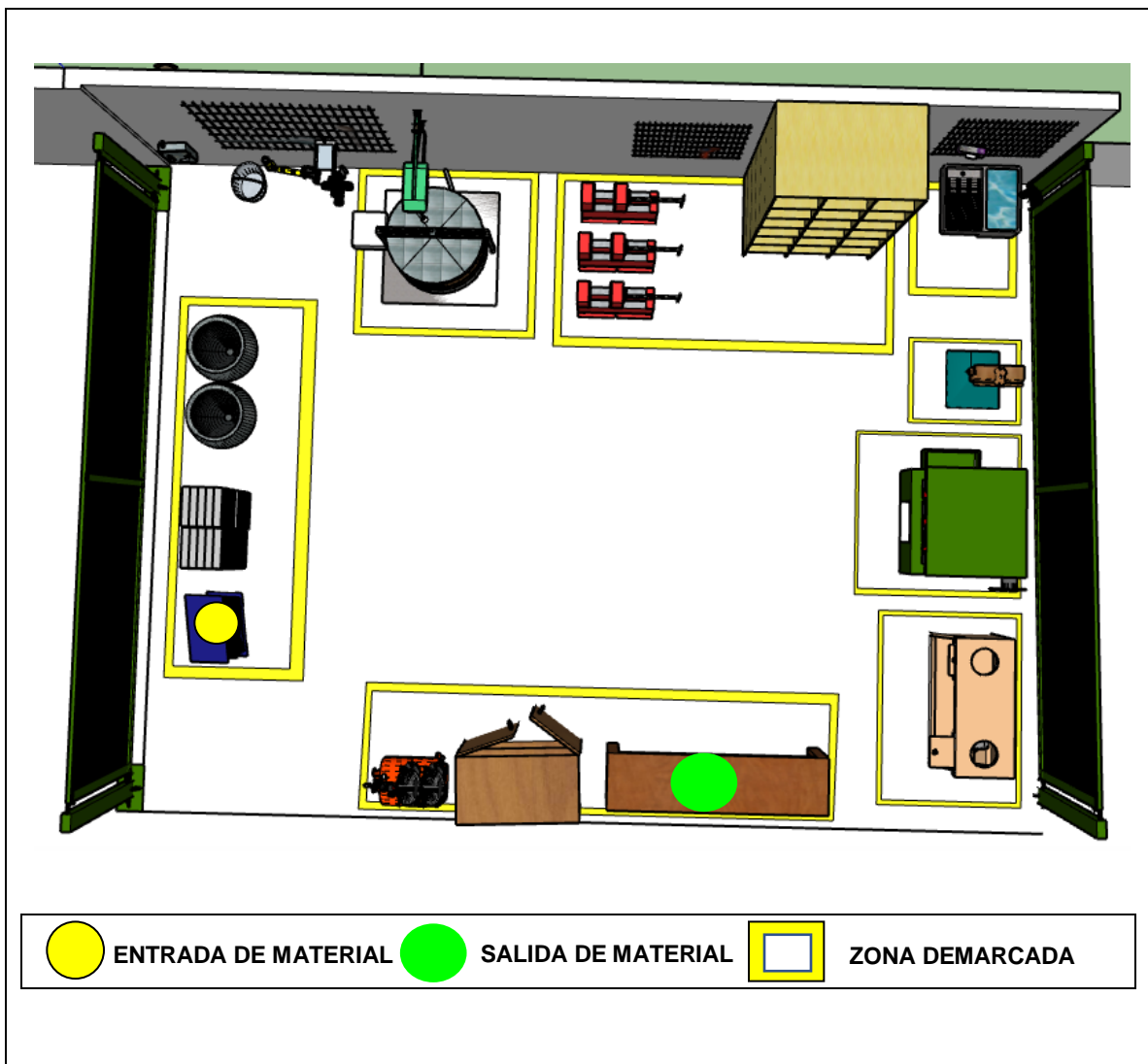
OBSERVACIONES:

APROBÓ:

CARGO:

HOJA DE MANUFACTURA ESTÁNDAR (HMES)	
MANUFACTURA ESTÁNDAR (MES)	
LÍNEA:	MÁQUINA:
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:	

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	   
SIMBOLOS	 Riesgo Ambiental  Chequeo de Calidad  Seguridad del Operador



ITEM No	CÓDIGO DEL DOCUMENTO RELACIONADO	ACTIVIDADES CICLICAS	TIEMPO DE LA ACTIVIDAD (MIN)
1		Ensamble de coquilla	1,5
2		Llenado de coquilla	0,5
3		Desensamble de coquilla	0,8
TOTAL:			2,8

ITEM No	CÓDIGO DEL DOCUMENTO RELACIONADO	ACTIVIDADES ACÍCLICAS	TIEMPO DE LA ACTIVIDAD (MIN)
1		Limpieza de crisol	
2		Limpieza de termocupla	
3		Limpieza de Horno	
4		Limpieza de coquilla	
5		Limpieza de aluminio fundido	
6		Limpieza de compresor	
TOTAL:			




NIV. REV	CAMBIO	REALIZADO POR:	Vo Bo COORD. Planta	Vo Bo COORD. Producción	Vo Bo LET	Vo Bo OPERARIO	FECHA
-	LIBERADO						

OBSERVACIONES:
APROBÓ:
CARGO:

MATRIZ DE POLIVALENCIA

1. Escriba el nombre del operario.
2. Escriba la fecha de la última actualización de documento.
3. Escriba el nombre de la operación.
4. Escriba el nivel en el que se encuentra el operario según el proceso relacionado.
5. Indica el nivel de polivalencia, desde el 30%, hasta el 100%.

		MATRIZ DE POLIVALENCIA														FECHA ACTUALIZACIÓN:	
		OPERACIÓN															
OPERARIO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		

NIVEL 30%		OPERARIO EN ENTRENAMIENTO BÁSICO (ACTIVIDADES CICLICAS Y RUTINA NORMAL DE TURNO)
NIVEL 60%		OPERARIO HABILITADO PARA REALIZAR LA OPERACIÓN.
NIVEL 100%		OPERARIO HABILITADO PARA REALIZAR PUESTA A PUNTO.