

ANÁLISIS PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS  
REPRESENTATIVOS DE LA EMPRESA FUNDICOM S.A.S, FABRICA  
MOSQUERA CUNDINAMARCA

FABIAN RICARDO JIMENEZ RUEDA

COD: 200811004

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2016

ANÁLISIS PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS  
REPRESENTATIVOS DE LA EMPRESA FUNDICOM S.A.S, FABRICA  
MOSQUERA CUNDINAMARCA

Modalidad: Practica Empresarial

Propuesta: Trabajo de grado

FABIAN RICARDO JIMENEZ RUEDA

COD: 200811004

DIRECTOR:

HUGO FELIPE SALAZAR

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SOGAMOSO

2016

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
TITULO	4
SITIO O LUGAR	5
OBJETIVOS	6
JUSTIFICACIÓN	7
ALCANCES Y LIMITACIONES	8
1. MARCO DE REFERENCIA	
1.1 historia de la fundición	9
1.2 Historia de la siderurgia y la fundición en Colombia	11
1.3 Fundiciones de Hierro	13
1.3.1 Propiedades	14
1.3.2 Fundiciones según las propiedades	16
1.4 Fundición nodular	20
1.4.1 Tipos de fundición nodular	21
1.4.2 Proceso de creación de nódulos	22
1.4.3 Clasificación	23
1.5.1 Clasificación del proceso de fundición	25
1.5.2 Clasificación según el material del molde de fundiciones	28
1.5.3 Procedimientos de moldeo	30
1.5.4 Sistema de alimentación del molde	32
1.5.5 Arenas	33
1.5.6 Clasificación según el proceso de vaciado	37
1.6 Defectología	39
2. CLIENTES DE FUNDICOM S.A.S	42
3. REQUISITOS DE INGENIERIA	44
4. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	49
5. DIAGRAMA DE OPERACIONES	87
6. CONCLUSIONES	90
7. INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	91
8. BIBLIOGRAFÍA	92

## INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años la competencia entre las empresas y el mercado ha obligado a las mismas a desarrollar planes de mejoramiento en sus actividades, ya que las exigencias son cada día más elevadas, para que esto sea posible visualizan cuales son las herramientas que permitan que la empresa se ajuste a los diferentes cambios, pero aun así para el adecuado funcionamiento de dichas herramientas nos basamos en la adecuada descripción del proceso productivo y los datos que lo respaldan.

Una empresa puede contar con un sin número de herramientas, pero si los datos con los que se basa la herramienta son erróneos la herramienta de por si deja de ser funcional y los datos que arroja pierden validez alguna con respecto al proceso que apoyan, con el fin de aprovechar el potencial impacto positivo que pueden tener estas herramientas es necesario asegurar que los datos iniciales de las mismas sean reales y afines al proceso manufacturero de la empresa.

El levantamiento y descripción de los procesos es una forma de representar la realidad de la manera más exacta posible, a partir de la identificación de las diferentes actividades y tareas que se realizan en un proceso para lograr un determinado resultado o producto.

## **TITULO**

**“ANÁLISIS PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS REPRESENTATIVOS DE LA EMPRESA FUNDICOM S.A.S, FABRICA MOSQUERA CUNDINAMARCA”**

## **SITIO O LUGAR**

FUNDICOM S.A.S., es una empresa líder dedicada a la fundición en hierro gris y nodular de partes automotrices e industriales con más de 40 años de experiencia en el mercado, perteneciente a la organización boyacense G&J.

**RAZÓN SOCIAL:** FUNDICIONES Y COMPONENTES AUTOMOTORES S.A.S. – FUNDICOM S.A.S

**NIT:** 830.070.281-3

**REPRESENTANTE LEGAL:** LUIS RICARDO PRADA SERRANO

**ACTIVIDAD ECONOMICA:**

FUNDICION DE COMPONENTES AUTOMOTORES E INDUSTRIALES.

**DIRECCION Y TELEFONO:** CALLE 3 # 11-68 MOSQUERA, CUNDINAMARCA, (57 1) 329 70 20

**ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES:**

**AREA ASIGNADA:**

Producción, transformación.

En la actualidad FUNDICOM S.A.S. cuenta con una nómina de 138 trabajadores. La empresa cuenta con 4 hornos de inducción, 2 hornos de 2 toneladas y 2 hornos de 8 toneladas, 2 sistemas de moldeo continuo y uno de moldeo manual, un área de limpieza que consta de 4 esmeriles, 3 pulidoras neumáticas, 1 taladro, 1 fresadora neumática y 1 granalladora en la planta de fundición. FUNDICOM S.A.S cuenta con 2 plantas de mecanizado, una es la planta de mecanizado kubota que cuenta con 6 centros de mecanizado CNC un área de pintura y otra de embalaje, mientras que la planta de mecanizado de discos y campanas cuenta con 12 tornos CNC, y 4 centros de mecanizado.

## OBJETIVOS

- General
  - ✚ Analizar y describir los procesos de producción de productos representativos de la empresa FUNDICOM S.A.S.
  
- Específicos
  - ✚ Describir el proceso fabricación de las piezas fundidas en la empresa FUNDICOM S.A.S.
  - ✚ Caracterizar los procesos productivos en la empresa.
  - ✚ Representar el flujo productivo de la empresa.
  - ✚ Tomar los tiempos de flujo del proceso de manufactura en la empresa.

## JUSTIFICACIÓN

El área de producción tiene una finalidad claramente definida: atender las necesidades de los clientes de la forma más eficiente y menos costosa para la empresa, dentro de unos estándares de calidad en busca de la satisfacción de sus necesidades. Para ello se deberá decidir el plan de producción en función de las previsiones de ventas y de las órdenes generadas a la empresa. Esto supone describir el proceso y adecuar la capacidad de producción (limitada por la maquinaria, las materias primas y los operarios) para abastecer correctamente a los clientes. Cumpliendo así sus expectativas

El proceso de producción tiene como objetivo describir las operaciones de la empresa, es decir, el proceso fabricación del producto o de prestación del servicio, así como los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para el funcionamiento de dichas operaciones, el mejoramiento y la estandarización de esas operaciones. En este sentido, se analizarán las infraestructuras e instalaciones, el equipamiento, los requerimientos técnicos de los productos y características de los servicios, el proceso productivo y de prestación del servicio, los costos, los planes y programas de producción, así como las políticas de mantenimiento, seguridad y prevención laboral.



## **ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **ALCANCES**

- Analizar el proceso productivo de las piezas más importantes en la empresa FUNDICOM S.A.S.
- Analizar la documentación del proceso que tiene la empresa.
- Establecer la duración del flujo de las piezas a lo largo del proceso productivo.
- Documentar el flujo del proceso de producción basados en la documentación de la empresa y en la observación experimental.
- Proponer mejoras al proceso de producción en la empresa

### **LIMITACIONES**

- La documentación histórica no es sólida antes del cambio de administración gerencial.
- Las políticas internas de la empresa como la confidencialidad a cierta información.
- Establecer los procesos principales que se llevan a cabo en la empresa.
- Debido a la gran cantidad de referencias que maneja la empresa, se priorizará los clientes y las piezas con mayor impacto en la facturación de la empresa.
- Se analizará el proceso productivo de los productos más representativos.

# 1. MARCO DE REFERENCIA

## 1. Generalidades del proceso de fundición.

### 1.1 Historia de la fundición

El uso de los metales marca una etapa decisiva dentro de la historia del hombre, tan importante como los desarrollos tecnológicos que hoy en día se observan, sin discusión alguna fue la piedra angular para el desarrollo de la humanidad misma.

La necesidad de la búsqueda de nuevos materiales, con mejores propiedades obligaron a dejar de lado el uso de la piedra como materia prima natural, esa necesidad puso en jaque a los historiadores y arqueólogos en el nombramiento de las edades, de esa forma fue que le fue dado el nombre de las eras de la humanidad de acuerdo al material que se utilizaba en cada una, (Edad de piedra, edad de bronce etc).

El oficio de la metalurgia es prehistórico pero gracias a descubrimientos arqueológicos fue descubierto que gracias a las llamadas "Pirotecnologías"<sup>1</sup> se les facilitó la fundición de materiales por ejemplo utilizando calor para obtener hierro esponjoso y del barro la fabricación de cerámica y con todo ello el inicio de una nueva era para el hombre.

Los primeros metales que se conocieron tienen más de 10.000 años, estos materiales no fueron producidos por fusión pero sí por forja, que es un proceso en donde se le da forma al metal por medio de impacto (martillazos), el cobre fue uno de los materiales más utilizados en este proceso, el periodo arqueológico en el que esto tomó lugar fue conocido como el neolítico<sup>2</sup>.

La fecha exacta del descubrimiento de la fundición es desconocida, sin embargo todo parece indicar que fue hace 5000 años A.C aproximadamente bajo el mandato del emperador chino FOU-HI que fue descubierto.

Esa interminable necesidad de supervivencia y competencia obligó a buscar mejores técnicas de procesar materiales y por ende dio paso al descubrimiento de nuevos metales que brindaron nuevas herramientas. Cuando los metales fueron dominados los arqueólogos llamaron calcolítico, el periodo que precedió a la edad del bronce, aproximadamente entre 3000 A.C y 5000 A.C.

---

<sup>1</sup> Tecnologías usadas por medio del uso del fuego para la obtención de materiales metálicos y otros.

Por registros históricos se llegó a la conclusión que la forja fue conocida antes que la fusión, los hornos eran rudimentarios, no obstante se evidencia gran habilidad en alcanzar altas temperaturas y su combustible era el carbón de leña.

La tecnología para los primeros moldes fue gracias al tradicional uso de la piedra, piedras con texturas blandas que permitían ser talladas fueron utilizados para este propósito, tales como la andesita y la esteatita. La mayoría de moldes eran abiertos y no necesariamente planos, para herramientas multitareas y con cavidades que permitían el trabajo de talladura en cada lado del bloque de piedra.

Inicialmente se trabajaba el metal por medio de forja, no se tiene certeza en la fecha en la cual se añadió el fuego al proceso de fusión<sup>3</sup>, sin embargo existen hipótesis en las cuales sugieren que por medio de incendios forestales fueron obtenidas grandes temperaturas que ayudaban a trabajar el metal de una mejor forma.

El trabajo con el bronce y el cobre aparece en el periodo entre 3000 A.C y 5000 A.C entre los pobladores de Asia occidental y las costas del Mediterráneo. Se piensa que la “Malaquita”<sup>4</sup> fue uno de los minerales que se utilizaban para la fusión y combustión en hornos simples de arcilla utilizando carbón de leña como combustible obteniendo un material esponjoso que era conformado por medio de martillazos.

Gracias al descubrimiento del proceso fue posible la creación de utensilios, armas y demás elementos en poblaciones Sirias, egipcias, hebras y europeas, es posible afirmar que el trabajo con el hierro fue descubierto 7.000 A.C. Ya para el 1500 A.C los egipcios trabajaban aleaciones con cobre, estaño, Arsenio, plata y oro.

En la edad de bronce aparece posteriormente el vaciado del material en moldes cerrados con técnicas que permanecen vigentes hoy en día como el proceso a la cera perdida.

A medida que pasaba el tiempo se fue perfeccionando el proceso, tanto que ya era posible la fabricación de piezas más complejas tales como espadas, ruedas, campanas y demás, todo esto en las vecindades del primer milenio A.C.

Muchas culturas trabajaron el proceso, apareciendo nuevas piezas aleadas, pero fue mucho después que se empezó a trabajar en la reducción de minerales ferrosos.

Gracias a la naturaleza del ser humano de ser competitivo, llevó a conflictos entre naciones, los cuales exigían nuevas tecnologías que ofrecieran ventajas frente a los demás contrincantes. Esto causó un desarrollo en procedimientos y conocimientos

---

<sup>3</sup> Proceso por el cual la materia cambia de estado sólido a líquido.

<sup>4</sup> La malaquita es un mineral secundario de cobre que se encuentra generalmente en depósitos oxidados de Cu.

de técnicas de fusión que han llevado a la humanidad al desarrollo tecnológico al que se encuentra hoy en día.

## **1.2 Historia de la siderurgia y la fundición en Colombia**

Gracias a la colonia europea en America fue traída consigo la tradición metalúrgica europea, aunque ya se contaba con conocimientos milenarios por los nativos, es conocimiento prácticamente perdido.

Las culturas precolombinas más avanzadas se asemejaban a la edad del bronce, tales culturas eran los aztecas, mayas, Chibchas, Calimas, Quimbayas y Tayronas en Colombia. Estas culturas conocían el trabajo con el oro, pero debido a las propiedades de este no pasaba de ser ornamentación. Con la llegada del europeo se conoció su amplia cultura de hierro, sin embargo gracias a esta se les facilitó la conquista de los pueblos precolombinos por su atraso tecnológico en cuanto a la metalúrgica.

Con los europeos llegó una nueva época para América, con un amplio uso de nuevos procesos, aperos, armas, cañones, y demás artículos armamentistas y utensilios de uso doméstico. En la Nueva Granada no hubo mucho desarrollo de fundición o siderúrgico ya que la mayoría de artículos eran traídos de Europa, fue en la Gran Colombia en donde se fomentó la fundición y la siderurgia<sup>5</sup> en Colombia, así un grupo franco colombiano empezó la instalación de ferrerías en el área de Boyacá y Cundinamarca, quienes habían traído técnicos franceses para dicho propósito. La primera compañía estuvo en manos de Jacob Wiesner<sup>6</sup>, en Pacho-Cundinamarca, cuando esta pasó a manos colombianas tuvo épocas de gran prosperidad, la herrería de Pacho, con la industria textil y la industria de la loza formaron el núcleo del desarrollo en Bogotá, luego de la disolución de la gran Colombia, aunque en 1840 la herrería enfrentó dificultades gracias a una guerra civil.

Entre 1850 y 1870 se instalaron 3 ferrerías en el país, una en Amagá Antioquia y otra en Samacá Boyacá, la cual contaban con capital y personal ingleses, sin embargo fue de poca duración debido a la mala calidad de las materias primas y la falta de capital, la tercera ferrería instalada en el municipio de Subachoque funcionó como la de Pacho e incluso intentó un montaje mayor.

En el gobierno de Rafael Nuñez (1880 y 1882), se hicieron contratos para la fabricación de rieles y gracias a esto las ferrerías del país tuvieron su época de prosperidad además que la expansión de la cultura cafetera también favoreció a esta industria.

---

<sup>5</sup> Sector de la industria del metal que se ocupa de extraer el hierro y trabajarlo

<sup>6</sup> Ingeniero francés que llegó a Colombia para el desarrollo metalúrgico.

En Antioquía se contaba con la industria armamentista de Colombia con la fabricación de cañones de bronce en Rionegro y la primera fundición en Colombia que utilizaba materia prima del valle de Aburrá, así surgió una pequeña industria que fabricaba despulpadores de café, trapiches para la caña de azúcar, pulverizadores de quinua, prensas para frutas, bombas para minas y hasta molinos californianos.

Una institución que fomentó el desarrollo en los procesos de fabricación de materiales fue la escuela de artes y oficios en Medellín fundada en 1864. En esta escuela se fabricaron máquinas para la creación de municiones, fusiles, y reparación de maquinaria agrícola, trapiches, despulpadoras, prensas, bombas y a pequeña escala la primera fábrica de máquinas de coser en Sur América. Las mayores fundiciones aparecieron después de 1880 y entre ellas están, las de Girardota, Caldas y la Estrella

En el centro y oriente del país continuaron los esfuerzos para la regeneración de la siderurgia en Colombia. El cultivo del café fomentó la creación de fundiciones en Bucaramanga y Cúcuta, aunque no tenían la fuerza de las fundiciones antioqueñas.

Al comenzar el siglo XX las ferrerías de Pradera y Amaga aún subsistían, el gobierno de Reyes dio gran impulso a la construcción de ferrocarriles, dicho esfuerzo no fue suficiente por lo que las ferrerías tuvieron que desaparecer.

Cuando la ferrería de Amaga cerró en el 1926, el país quedó dependiendo de la importación de hierro, la siderurgia decayó pero la fundición comenzó a tener mayor auge. Para ese entonces el hierro que se obtenía era que fuera maleable y forjable, ahora la producción del país se dirigía a la obtención de piezas fundidas. La comunidad salesiana y unas pocas escuelas vocacionales oficiales empezaron a formar técnicamente a la comunidad, lo cual fomentó más esta industria.

Con la primera guerra, el panorama económico del país cambia radicalmente, en los años 30, la industrialización, la manufactura, la expansión de la infraestructura para la abrasión de productos metálicos en especial la fundición se continuó estimulando, la cual fabricaba piezas de repuesto y luego cuando se dio inicio a la fabricación de equipos, empezó a fabricar piezas para ellos. En esta época el país absorbió tecnologías tales como la fundición en hornos de arco eléctrico y la laminación de varilla.

El foco de estas actividades hasta los años 50 era Medellín, para luego se desplazara hacia Bogotá donde se encontraban las empresas más grandes y con mayor tecnología.

Para el año de 1941 los empleados de fundición no llegaban a 1000 hombres, y la ubicación geográfica era dispersa, con un promedio de 10 hombres por fundición.

La segunda guerra motivó a la siderurgia a buscar sus propias fuentes de acero luego de soportar la escasez del mismo; El comienzo de la industria automotriz entre los años 50 y 60 marcó mucha importancia para la fundición ya que con la producción de piezas en serie se vio más el desarrollo de esta industria ya que se incorporaron nuevas técnicas, sobretodo en Medellín. El desarrollo textil de la zona creó sus primeras instalaciones de mantenimiento y luego llegó la fabricaciones de equipos de exportación y bienes de capital.

En décadas pasadas se empezó la fabricación de hierro nodular en Medellín y con esto y el paso del tiempo se llevó la perfección de esta producción y con esto la creación de programas e instituciones que formaran personal capacitado en el diseño, administración y producción de productos metálicos a lo largo de todo el país.

Hoy en día la fundición continua sigue siendo una actividad económica que contribuye positivamente en todas las ciudades principales del país, con pequeños talleres refaccionistas por pedido o grandes fundiciones encargadas de la producción de piezas de la industria automotriz y otras industrias.

En general, las posibilidades de desarrollo para las fundiciones son amplias y su efecto sobre el resto de la industria es bastante grande, con la necesidad de cubrir muchos campos, aunque para ellos necesita ser sacada de su estado de obsolencia.

### **1.3 FUNDICIONES DE HIERRO**

Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión<sup>7</sup> y al desgaste.

Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como autolubricantes.

---

<sup>7</sup> *“Corrosión es el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente”*

- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

De acuerdo con la apariencia de su fractura, las fundiciones pueden ser grises, blancas, atruchadas, aunque también existen las fundiciones maleables, nodulares y especiales o aleadas.

### **1.3.1 PROPIEDADES**

#### *Aspecto*

La superficie exterior en la fundición es de color gris oscuro, mientras que la fractura es oscura (fundición negra) o gris (fundición gris) o atruchada (puntos claros sobre fondo oscuro, o viceversa) o clara (fundición blanca); al aire libre, la superficie externa se cubre de herrumbre (óxido hidratado de hierro) de color rojo pardo que penetra lentamente en el interior.

#### *Peso específico*

El peso específico varía con la composición y por consiguiente con el aspecto de la fundición; se puede admitir, por término medio: Fundición gris = 7 a 7.2 Fundición atruchada = 7.3 a 7.4 Fundición blanca = 7.4 a 7.6

#### *Temperatura de fusión*

Varía con la composición y el aspecto de la fundición. En promedio es: Fundición negra gris 1200° C Fundición blanca 1100° C

#### *Fluidez*

Es la propiedad del metal líquido de correr y de llenar bien los moldes: en igualdad de temperatura, la fundición fosforosa es más fluida que la fundición con poco fósforo.

#### *Contracción*

Como se ha visto, el metal, al solidificarse, sufre una contracción: en la fundición blanca la contracción es casi igual a la del acero (16 a 18 por 1000). En las fundiciones grises, en las cuales en el momento de la solidificación se segregan las laminillas de grafito ( de peso específico - 2 ) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor ( 10 por 1000); la contracción varia también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde.

#### *Resistencia a la tracción*

La fundición gris tiene una carga de rotura a la tracción que, de cerca de 15 Kg/mm<sup>2</sup>, llega a los 30 , 40 y 45 Kg/ mm<sup>2</sup>. Las fundiciones aleadas y las nodulares

sobrepasan este límite llegando a cargas que se pueden comparar a las de los aceros de calidad (70 y hasta 80 Kg/ mm<sup>2</sup>.) en las fundiciones maleables las cargas de rotura son de por lo menos 32 Kg/ mm<sup>2</sup>, generalmente en torno a 40 Kg/ mm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión es mayor, y para las fundiciones grises normales resulta cerca de tres veces la de la tracción: por eso, como vemos, es aconsejable someter las piezas de fundición a esfuerzos de compresión, más bien que a los de tracción.

#### *Resistencia a la flexión*

Puesto que en la flexión las fibras del elemento quedan tensas en la parte convexa, y comprimidas en la cóncava, la resistencia a la flexión varía según la orientación de la sección.

#### *Resistencia al choque*

El choque y la resiliencia son sollicitaciones dinámicas, y en su confrontación la fundición se comporta de un modo particular. Las fundiciones grises, resisten no muy bien los choques y son frágiles porque no sufren deformaciones plásticas. Las fundiciones maleables, por el contrario, y las de grafito nodular (fundiciones dúctiles) resisten bien; no obstante, si los choques está 4 contenidos en el límite de seguridad; las fundiciones grises tienen un óptimo comportamiento, por su propiedad característica de amortiguar las vibraciones, por esto (además de por razones económicas) se ha llegado a sustituir los cigüeñales de acero tratado para compresores y para motores de combustión interna, por árboles colados con fundición gris, obteniéndose un funcionamiento más regular más suave y menos ruidoso.

#### *Dureza*

La dureza de la función es relativamente elevada. La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell, se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado, que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta, la Viruta es siempre escamosa, excepto en las fundiciones maleables y en las de grafito nodular. Las fundiciones blancas tienen una dureza superior a 350 a 400 Brinell. Hasta cerca de 550 Brinell se pueden mecanizar con herramientas de carburo; más allá, requieren la muela de esmeril

#### *Resistencia química*

La fundición tiene una discreta resistencia química, es decir, a los ácidos, a los álcalis, a las oxidaciones y al fuego. Por esto se hacen elementos para máquinas e instalaciones químicas y elementos para máquinas e instalaciones térmicas (parrillas, por ejemplo, calderas, etc



### *Otras propiedades*

La fundición no es dúctil, no es maleable (en el verdadero sentido de la palabra); se puede soldar al latón; en la soldadura oxiacetilénica y en la eléctrica de arco, el metal de aporte (acero o fundición) adquiere una elevada dureza y sólo con alguna dificultad puede ser trabajado. La fundición puede recibir baños galvánicos (ser niquelada, por ejemplo), ser galvanizada en caliente, estañada y esmaltada al fuego (piezas de uso doméstico y par la industria química)

### **1.3.2 Fundiciones según las propiedades**

Las fundiciones se clasifican según sus propiedades y el proceso de fabricación, a continuación se hablará sobre la clasificación según su material, correspondiente a fundiciones de hierro.

#### *FUNDICION GRIS*

La mayor parte del contenido de carbono en el hierro gris se da en forma de escamas o láminas de grafito, las cuales dan al hierro su color y sus propiedades deseables.

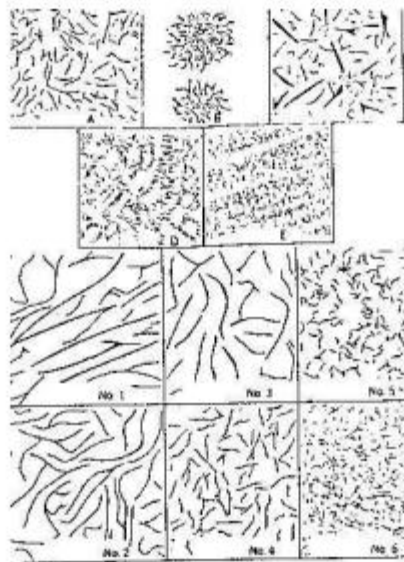


Figura 1

**Clasificación de las láminas de grafito según la forma, tamaño y distribución**

El hierro gris es fácil de maquinar, tiene alta capacidad de templeado y buena fluidez para el colado, pero es quebradizo y de baja resistencia a la tracción.

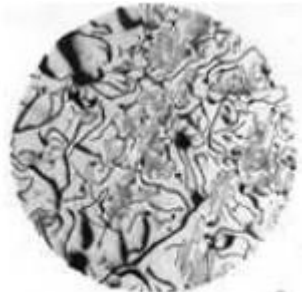


Figura 2

**Microestructura del hierro gris (ferrita y perlita)**

El hierro gris se utiliza bastante en aplicaciones como bases o pedestales para máquinas, herramientas, bastidores para maquinaria pesada, y bloques de cilindros para motores de vehículos, discos de frenos, herramientas agrícolas entre otras.

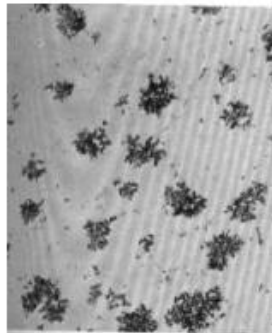
<b>Clase</b>	<b>Resistencia a la tracción-(psi)</b>	<b>Dureza Brinell</b>
20	24000	130-180
30	34000	170-210
40	44000	210-260
50	54000	240-280
60	64000	260-300

Tabla 1

**Clasificación de las fundiciones grises según la norma ASTM A48-41.**

### *FUNDICION MALEABLE*

Los hierros maleables son tipos especiales de hierros producidos por el tratamiento térmico de la fundición blanca. Estas fundiciones se someten a rígidos controles y dan por resultado una microestructura en la cual la mayoría del carbono está en la forma combinada de cementita, debido a su estructura la fundición blanca es dura, quebradiza y muy difícil de maquinar.



**Microestructua de la fundición maleable ferrítica**

Figura 3.

La fundición blanca se produce en el horno de cubilote, su composición y rapidez de solidificación separa coladas que se transformarán con tratamiento térmico en hierro maleable. La fundición blanca también se utiliza en aplicaciones donde se necesita buena resistencia al desgaste tal como en las trituradoras y en los molinos de rodillos.

### *FUNDICION BLANCA*

Se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, siguiendo el diagrama hierro-cementita metaestable; durante el enfriamiento, la austenita<sup>8</sup> solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. A los 1130°C el líquido alcanza la composición eutéctica (4.3%C) y se solidifica como un eutéctico de austenita y cementita<sup>9</sup> llamado ledeburita<sup>10</sup>. Este eutéctico aparece en su mayor parte como cementita blanca que rodea las dendritas de forma de helecho.



Figura 4.

#### **Microestructura de la fundición blanca**

Al enfriarse las fundiciones desde 1130°C hasta 723 °C el contenido de carbono de la austenita varía de 2 a 0.8%C al precipitarse cementita secundaria que se forma sobre las partículas de cementita ya presentes, a los 723°C la austenita se transforma en perlita, el eutectoide de los aceros.

La fundición blanca se utiliza en cuerpos molidores por su gran resistencia al desgaste, el enfriamiento rápido evita la grafitización de la cementita pero si se calienta de nuevo la pieza colada a una temperatura de 870°C el grafito se forma lentamente adoptando una forma característica conocida como carbono de revenido, resultando la fundición maleable. La matriz de la fundición puede ser

---

<sup>8</sup> Estructura del tipo cúbica, de caras centradas, en donde se diluyen en solución sólida los átomos de carbono en los intersticios, hasta un máximo tal como lo muestra el diagrama de fase Fe-C.

<sup>9</sup> Constituyente de los aceros, y otras aleaciones férreas como las fundiciones blancas.

<sup>10</sup> Constituyente que surge en las aleaciones férreas con un contenido de C de 2.06% y 6.66%.

ferrítica o perlítica si la aleación se enfría más rápidamente a partir de los 723°C al final del tratamiento de maleabilización. Las fundiciones maleables se utilizan en la fabricación de partes de maquinaria agrícola, industrial y de transporte.

#### *FUNDICION ATRUCHADA*

Se caracteriza por tener una matriz de fundición blanca combinada parcialmente con fundición gris. El carbono se encuentra libre y combinado, siendo difícilmente maquinable.

#### *FUNDICION ALEADA*

Las fundiciones aleadas son aquellas que contienen Ni, Cr, Mo, Cu, etc., en porcentajes suficientes para mejorar las propiedades mecánicas de las fundiciones ordinarias o para comunicarles alguna otra propiedad especial, como alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la corrosión, a1 calor etc.

#### *EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LAS FUNDICIONES*

Los elementos de aleación modifican la microestructura de las fundiciones y con ello su dureza y resistencia, estando en ocasiones estos cambios influenciados, además, por una variación de la templabilidad.

Los elementos de aleación modifican también como en los aceros, la situación de los puntos críticos y además ejercen una acción muy importante y compleja de la grafitización.

En la siguiente tabla se señala la influencia que los diversos elementos aleados ejercen sobre la formación del grafito y de los carburos y sobre las características de la matriz, y en la tabla II se señala la influencia que tienen sobre los puntos críticos.

Ciertos elementos como el Silicio, aluminio, níquel y cobre, que se disuelven en la ferrita, la endurecen y la hacen aumentar su resistencia, Son elementos que favorecen la grafitización.

Otros elementos como el cromo, manganeso, y molibdeno son formadores de carburos, son elementos que tienden a formar fundición blanca en vez de gris y dificultan la grafitización.

Elemento.	Grafitización y coeficientes de grafitización.	Efecto sobre los carburos a alta temperatura.	Efecto en la estructura del grafito.	Efecto en el carbono combinado de la perlita.	Efecto que produce en la matriz.
Carbono.	Favorece	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Silicio.	Favorece +1	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Aluminio.	Favorece +0.5	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Titanio.	Favorece +0.4	Decrece estabilidad	Afina fuertemente	Decrece	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Níquel.	Favorece +0.35	Decrece ligeramente estabilidad	Afina ligeramente	Decrece y estabiliza la perlita	Afina la perlita y da dureza
Cobre.	Favorece +0.20	Indiferente	Indiferente	Decrece ligeramente	Da dureza
Manganeso.	Se opone -0.25	Estabiliza	Afina ligeramente	Aumenta	Afina la perlita y da dureza
Molibdeno.	Se opone -0.30	Indiferente	Afina fuertemente	Aumenta ligeramente	Afina la perlita y da resistencia
Cromo.	Se opone -1	Estabiliza fuertemente	Afina ligeramente	Aumenta	Afina la perlita y da dureza
Vanadio.	Se opone -2.5	Estabiliza fuertemente	Afina	Aumenta	Afina la perlita y da dureza

Tabla 2 Efectos de los aleantes

## 1.4 FUNDICIÓN NODULAR

Para resolver el problema que siempre se ha visto en las fundiciones, como las mostradas anteriormente, el grafito se presenta en forma de hojuelas, las cuales sirven como concentradores de esfuerzo, lo que a su vez causa una fragilización del material, se vio en la necesidad de desarrollar una forma de precipitar en forma de hojuelas para aumentar la ductilidad y darle elongación.



Figura 5.

En la figura 5 se puede observar de manera clara la diferencia entre la matriz de un hierro gris precipitado en forma de hojuelas esparcidas aleatoria, mientras que al lado izquierdo se muestra la matriz de fundición nodular, en la cual el grafito libre se encuentra precipitado en forma de esferas o nódulos que ayudan a mejorar las propiedades mecánicas del material.

En el año de 1948, H. Morrogh, de la British cast iron research association, presentó la posibilidad de obtener grafito esferoidal por medio de adiciones controladas de Cerio (Ce), mientras que por otro lado, el mismo año fue presentado por la

international Niquel Co. Presentó igualmente una forma de obtener grafito esferoidal por medio de adiciones de Magnesio (Mg)

Este desarrollo causó una revolución en el uso de las fundiciones, tanto así que algunas fueron eliminadas gracias a la eficiencia y características de la fundición nodular por sus diferentes y numerosas aplicaciones

Normalmente esta fundición se fabrica por medio de la utilización de hornos de cubilote u hornos de inducción, utilizando como materia prima arrabio o chatarra dependiendo del tipo de proceso que se desee utilizar, normalmente no se utiliza material de hierro virgen como hematita, magnetita y demás, ya que el Mg suele ser utilizado como escoriante y no ayudaría a la formación de nódulos en la matriz del hierro.

Los materiales nodulizantes más utilizados suelen estar constituidos en su mayoría por Mg y tierras raras, que se adicionan al caldero tundish<sup>11</sup> o cuchara antes de recibir el material fundido.

La composición química deseada clásicamente para las fundiciones nodulares va entre 1.6 y 2.8 % de Silicio (Si) que ayuda como grafitizante, un carbono total entre 3 y 4 % para que haya existencia de Carbono (C) suficiente para la formación de los nódulos, hay elementos que debe ser restringidos estrictamente para que el proceso pueda ser exitoso, elementos tales como el azufre (S) y fósforo (P) que no deben tener una concentración mayor a 1%, las adiciones de magnesio (Mg) y cerio (Ce) varían entre 0.5 y 1 %.

Dependiendo de la forma y tamaño de la pieza, se diseña la composición química adecuada para darle cumplimiento a las propiedades exigidas por el cliente o la norma internacional.

#### **1.4.1 TIPOS DE FUNDICIÓN NODULAR**

Independientemente de la composición química seleccionada para la fabricación de piezas, existen diferencias notables entre los productos que pueden salir de este proceso.

Esta diferencia radica especialmente en la matriz microestructural obtenida éstas son:

---

<sup>11</sup> Caldero de transporte y procesamiento del hierro nodular.

DESCRIPCION	USOS GENERALES
Ferrita; puede ser recocida	Piezas resistentes al impacto; servicio a bajas temperaturas
Mayoritariamente ferrítica; de colada o recocida	Servicios generales
Ferrítica-Perlítica; puede ser normalizada	Servicios generales
Mayoritariamente Perlítica; puede ser normalizada.	La mejor combinación de resistencia al desgaste y tenacidad. Buena respuesta al endurecimiento superficial
Martensítica; temple al aceite y revenido	La más tenaz y resistente al desgaste

Tabla 3. Clasificación de la fundición nodular según sus constituyentes

#### 1.4.2 PROCESO DE CREACIÓN DE NÓDULOS

Este proceso consta de varios pasos que se deben seguir de manera muy cuidadosa procurando el éxito de la operación, los pasos son:

##### Desulfurización y desfosforización

Dependiendo el tipo de proceso utilizado, se tienen diferentes concentraciones de P y S, los cuales desfavorecen el crecimiento de nódulos así que es importante asegurar la concentración adecuada de estos elementos.

##### Nodulización

Para este paso, se hace la adición de Mg y/o Ce en el caldero tundish para eliminar oxígeno (O) y demás elementos que desfavorezcan la nodulización, si este paso no se da, el material quedará como fundición gris.

##### Inoculación

Para estabilizar los carburos que puedan crearse por la acción del Mg, se debe inocular el hierro con elementos que favorezcan la grafitización y una nucleación correcta de la matriz deseada, ya sea perlítica, ferrítica, martensítica etc.

##### Hierro de grafito compacto.

Para el crecimiento correcto de la matriz, el tiempo y medio de enfriamiento de la pieza debe controlarse con el fin de obtener mejores propiedades del material.

### 1.4.3 CLASIFICACIÓN

Existen muchas normas internacionales para la clasificación de materiales, para este trabajo en particular se partirá de la clasificación hecha por la norma ASTM A-536, que utiliza grados, los cuales tres números para la nomenclatura de los mismos, el primero corresponde a la resistencia a la tracción dada en PSI, el segundo a el límite de fluencia también dada en resistencia en Psi y el ultimo que corresponde a la elongación.

Clase	Resistencia psix1000	Lím. Fluencia	Dureza brinell	Alargamiento (%)
60-40-18	42000	28000	149-187	18
65-45-12	45000	32000	170-207	12
80-55-06	56000	38000	187-255	6
100-70-03	70000	47000	217-267	3
120-70-02	84000	63000	240-300	2

Tabla 5.

**Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536**

### 1.5 PROCESO DE FUNDICIÓN DE HIERRO

Proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición es un antiguo arte que todavía se emplea en la actualidad, aunque ha sido sustituido en cierta medida por otros métodos como el fundido a presión<sup>12</sup>, la extrusión<sup>13</sup>, el mecanizado y el laminado<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> Método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a presión en un molde o troquel de acero), la forja (proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados usando impacto o presión para formar la parte.

<sup>13</sup> Es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal

<sup>14</sup> Es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos.



## Procesos de Fundición

La realización de este proceso empieza lógicamente con el molde. La cavidad de este debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, esto permitirá la contracción del metal durante la solidificación y enfriamiento. Cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por lo tanto si la presión dimensional es crítica la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal. Los procesos de fundición se clasifican de acuerdo a los diferentes tipos de moldes.

### Proceso

Se calienta primero el metal a una temperatura lo suficientemente alta para transformarlo completamente al estado líquido, después se vierte directamente en la cavidad del molde. En un molde abierto el metal líquido se vacía simplemente hasta llenar la cavidad abierta. En un molde cerrado existe una vía de paso llamada sistema de alimentación que permite el flujo del metal fundido desde afuera del molde hasta la cavidad, este es el más importante en operaciones de fundición.

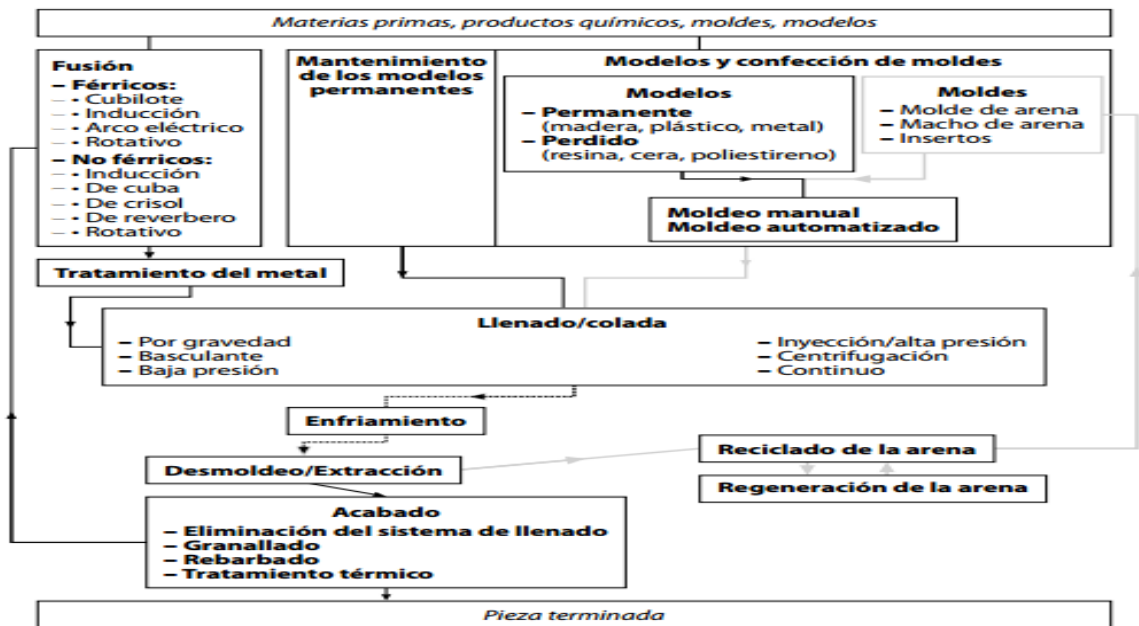


Figura 6. Esquema del proceso de fundición  
Tomado de "Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Forja y Fundición"

Cuando el material fundido en el molde empieza a enfriarse hasta la temperatura suficiente para el punto de congelación de un metal puro, empieza la solidificación que involucra un cambio de fase del metal. Se requiere tiempo para completar este cambio de fase porque es necesario disipar una considerable cantidad de calor. El metal adopta la forma de cavidad del molde y se establecen muchas de las

propiedades y características de la fundición. Al enfriarse la fundición se remueve del molde; para ello pueden necesitarse procesamientos posteriores dependiendo del método de fundición y del metal que se usa. Entre ellos tenemos:

- El desbaste del metal excedente de la fundición.
- La limpieza de la superficie.
- Tratamiento térmico para mejorar sus propiedades.
- Pueden requerir maquinado para lograr tolerancias estrechas en ciertas partes de la pieza y para remover la superficie fundida y la microestructura metalúrgica asociada.

### **1.5.1 CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN**

#### Modelos removibles

En un procedimiento simple para moldear un disco de un metal fundido para hacer un engrane, el molde para este disco se hace una caja de moldeo que consta de dos partes. A la parte superior se le llama tapa, y a la parte inferior base. Las partes de la caja se mantienen en una posición definida, una con respecto a la otra por medio de unos pernos colocados en dos lados opuestos de la base que encajan en agujeros de unos ángulos sujetos a los lados de las tapas.

El primer paso en la hechura de un molde es el de colocar el modelo en el tablero de moldear, que coincide con la caja de moldeo. Enseguida se coloca la tapa sobre el tablero con los pernos dirigidos hacia abajo. Luego se criba sobre el modelo para que lo vaya cubriendo; la arena deberá compactarse con los dedos en torno al modelo, terminando de llenar completamente la tapa. Para moldes pequeños, la arena se compacta firmemente con apisonadores manuales. El apisonado mecánico se usa para moldes muy grandes y para moldeo de gran producción. El grado de apisonado necesario solo se determina por la experiencia. Si el molde no ha sido lo suficientemente apisonado, no se mantendrá en su posición al moverlo o cuando el metal fundido choque con él. Por otra parte, si el apisonado es muy duro no permitirá que escape el vapor y el gas cuando penetre el metal fundido al molde.

Después que se ha terminado de apisonar, se quita el exceso de arena arrasándola con una barra recta llamada rasera. Para asegurar el escape de gases cuando se vierta el metal, se hacen pequeños agujeros a través de la arena, que llegan hasta unos cuantos milímetros antes del modelo.

Se voltea la mitad inferior del molde, de tal manera que la tapa se puede colocar en su posición y se termina el moldeo. Antes de voltearlo se esparce un poco de arena sobre el molde y se coloca en la parte superior un tablero inferior de moldeo. Este tablero deberá moverse hacia atrás y hacia delante varias veces para asegurar un

apoyo uniforme sobre el molde. Entonces la caja inferior se voltea y se retira la tabla de moldeo quedando expuesto el moldeo. La superficie de la arena es alisada con una cuchara de moldeador y se cubre con una capa fina seca de arena de separación. La arena de separación es una arena de sílice de granos finos y sin consistencia. Con ella se evita que se pegue la arena de la tapa sobre la arena de la base.

Enseguida se coloca la tapa sobre la base, los pernos mantienen la posición correcta en ambos lados. Para proporcionar un conducto por donde entra el metal al molde, se coloca un mango aguzado conocido como clavija de colada y es colocada aproximadamente a 25 mm de un lado del modelo, las operaciones de llenado, apisonado y agujerado para escape de gases, se llevan a cabo en la misma forma que la base.

Con esto, el molde ha quedado completo excepto que falta quitar el modelo y la clavija de colada. Primero se extrae esta, abocardándose el conducto por la parte superior, de manera que se tenga una gran apertura por donde verter el metal. La mitad de la caja correspondiente a la mitad superior es levantada a continuación y se coloca a un lado. Antes de que sea extraído el modelo, se humedece con un pincel la arena alrededor de los bordes del modelo, de modo que la orilla del molde se mantenga firme al extraerlo. Para aflojar el modelo, se encaja en el una alcayata y se golpea ligeramente en todas direcciones. Enseguida se puede extraer el modelo levantándolo de la alcayata.

Antes de cerrar el molde, debe cortarse un pequeño conducto conocido como alimentador, entre la caída del molde hecho por el modelo y la abertura de la colada. Este conducto se estrecha en el molde de tal forma que después que el metal ha sido vertido el mismo en el alimentador se puede romper muy cerca de la pieza.

Para prever la contracción del metal, algunas veces se hace un agujero en la tapa, el cual provee un suministro de metal caliente a medida que la pieza fundida se va enfriando, esta abertura es llamada rebosadero. La superficie del molde se debe rociar, juntar o espolvorear con un material preparado para recubrimiento, dichos recubrimientos contienen por lo general polvo de sílice y grafito. La capa de recubrimiento del molde mejora el acabado de la superficie de colado y reduce los posibles defectos en las superficies. Antes que el metal sea vaciado en el molde, deberá colocarse un peso sobre la tapa para evitar que el metal líquido salga fuera del molde en la línea de partición.

#### Modelos desechables

En la fabricación de moldes con modelos desechables, el modelo, que es usualmente de una pieza, es colocado en el tablero y la base de la caja se moldea en la forma convencional. Se agregan unos agujeros para ventilación y la base se

voltea completamente para el moldeo de la tapa. Casi siempre la arena en verde es el material común más usado, aunque pueden usarse arenas especiales para otros propósitos, como arena de cara que se utiliza de inmediato alrededor del modelo. La arena en la línea de partición no se aplica en la tapa de la caja y la base no puede ser separada hasta que la fundición es removida. En cambio, la tapa es llenada con arena y se apisona. En cualquiera de los casos la colada es cortada en el sistema de alimentación o ambas, como usualmente sucede, esta es una parte del modelo desechable. Se hacen los agujeros para ventilación y se coloca algo de peso para oprimir la tapa. Los modelos de poliestireno<sup>15</sup>, incluyen la alimentación y el sistema de colado.

La colada es vaciada rápidamente en la pieza moldeada; el poliestireno se vaporiza; y el metal llena el resto de la cavidad. Después de enfriado la fundición es eliminada del molde y limpiada.

El metal es vaciado lo suficientemente rápido para prevenir la combustión del poliestireno, con el resultado de residuos carbonosos. En cambio, los gases, debido a la vaporización del material, son manejados hacia fuera a través de la arena permeable y los agujeros de ventilación. Un recubrimiento refractario se aplica comúnmente al modelo para asegurar un mejor acabado superficial para la fundición y le agrega resistencia al modelo. Es obligatorio a veces que los pesos para oprimir los moldes sean parejos en todos los lados para combatir la alta presión relativa en el interior del molde.

Las ventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- Para una pieza no moldeada en máquina, el proceso requiere menos tiempo.
- No requieren que hagan tolerancias especiales para ayudar a extraer el modelo de la arena y se requiere menor cantidad de metal.
- El acabado es uniforme y razonablemente liso.
- No se requiere de modelos complejos de madera con partes sueltas.
- No se requiere caja de corazón y corazones.
- El modelo se simplifica grandemente.

Las desventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- El modelo es destruido en el proceso.
- Los modelos son más delicados de manejar.

---

<sup>15</sup> polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno.

- El proceso no puede ser usado con equipos de moldeo mecánico.
- No puede ser revisado oportunamente el modelo de la cavidad.

### **1.5.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MATERIAL DEL MOLDE DE FUNDICIONES**

#### Fundición a la arena

Existen dos métodos diferentes por los cuales la fundición a la arena se puede producir. Se clasifica en función de tipo de modelo usado, ellos son: modelo removible y modelo desechables.

En el método empleando modelo removible, la arena comprimida alrededor del modelo el cual se extrae más tarde de la arena. La cavidad producida se alimenta con metal fundido para crear la fundición. Los modelos desechables son hechos de poliestireno y en vez de extraer el modelo de la arena, se vaporiza cuando el metal fundido es vaciado en el molde.

Para entender el proceso de fundición, es necesario conocer como se hace un molde y que factores son importantes para producir una buena fundición.

Los principales factores son:

- Procedimiento de moldeo
- Modelo
- Arena
- Corazones
- Equipo metálico
- Metal
- Vaciado y limpieza

Los moldes se clasifican según los materiales usados:

#### Moldes de arena en verde

Es el método más común que consiste en la formación del molde con arena húmeda, usada en ambos procedimientos. La llamada arena verde es simplemente arena que no se ha curado, es decir, que no se ha endurecido por horneado. El color natural de la arena va desde el blanco hasta el canela claro, pero con el uso se va ennegreciendo. La arena no tiene suficiente resistencia para conservar su forma, por ello se mezcla con un aglutinante<sup>16</sup> para darle resistencia; luego se

---

<sup>16</sup> Elementos utilizados para adherir materiales unos a otros por medio de acción química o térmica.

agrega un poco de agua para que se adhiera. Esta arena se puede volver a emplear solo añadiendo una cantidad determinada de aglutinante cuando se considere necesario.

#### Moldes con capa seca

Dos métodos son generalmente usados en la preparación de moldes con capa seca. En uno la arena alrededor del modelo a una profundidad aproximada de 10 mm se mezcla con un compuesto de tal manera que se seca y se obtiene una superficie dura en el molde. El otro método es hacer el molde entero de arena verde y luego cubrir su superficie con un rociador de tal manera que se endurezca la arena cuando el calor es aplicado. Los rociadores usados para este propósito contienen aceite de linaza, agua de melaza, almidón gelatinizado y soluciones líquidas similares. En ambos métodos el molde debe secarse de dos maneras: por aire o por una antorcha para endurecer la superficie y eliminar el exceso de humedad.

#### Moldes con arena seca

Estos moldes son hechos enteramente de arena común de moldeo mezclada con un material aditivo similar al que se emplea en el método anterior. Los moldes deben ser cocados totalmente antes de usarse, siendo las cajas de metal. Los moldes de arena seca mantienen esta forma cuando son vaciados y están libres de turbulencias de gas debidas a la humedad.

#### Moldes de arcilla

Los moldes de arcilla se usan para trabajos grandes. Primero se construye el molde con ladrillo o grandes partes de hierro. Luego, todas estas partes se emplastecen con una capa de mortero de arcilla, la forma del molde se empieza a obtener con una terraja o esqueleto del modelo. Luego se permite que el molde se seque completamente de tal manera que pueda resistir la presión completa del metal vaciado. Estos moldes requieren de mucho tiempo para hacerse y su uso no es muy extenso.

#### Moldes furánicos

El proceso es bueno para la fabricación de moldes usando modelos y corazones desechables. La arena seca de grano agudo se mezcla con ácido fosfórico el cual actúa como un acelerador. La resina furánica es agregada y se mezcla de forma continua el tiempo suficiente para distribuir la resina. El material de arena empieza a endurecerse casi de inmediato al aire, pero el tiempo demora lo suficiente para permitir el moldeo. El material usualmente se endurece de una a dos horas, tiempo suficiente para permitir alojar los corazones y que puedan ser removidos en el molde. En uso con modelos desechables la arena de resina furánica puede ser empleada como una pared o cáscara alrededor del modelo que estará soportado

con arena de grano agudo o en verde o puede ser usada como el material completo del molde.

#### Moldes de CO<sub>2</sub>

En este proceso la arena limpia se mezcla con silicato de sodio y es apisonada alrededor del modelo. Cuando el gas de CO<sub>2</sub> es alimentado a presión en el molde, la arena mezclada se endurece. Piezas de fundición lisas y de forma intrincada se pueden obtener por este método, aunque el proceso fue desarrollado originalmente para la fabricación de corazones.

#### Moldes de metal

Los moldes de metal se usan principalmente en fundición en matriz de aleaciones de bajo punto de fusión. Las piezas de fundición se obtienen de formas exactas con una superficie fina, esto elimina mucho trabajo de maquinado.

#### Moldes especiales

Plástico, cemento, papel, yeso, madera y hule todos estos son materiales usados en moldes para aplicaciones particulares.

El molde debe poseer las siguientes características:

- Debe ser lo suficientemente fuerte para sostener el peso del metal.
- Debe resistir la acción de la erosión del metal que fluye con rapidez durante la colada.
- Debe generar una cantidad mínima de gas cuando se llena con el metal fundido. Los gases contaminan el metal y pueden alterar el molde.
- Debe construirse de modo que cualquier gas que se forme pueda pasar a través del cuerpo del molde mismo, más bien que penetrar el metal.
  - Debe ser suficientemente refractario para soportar la alta temperatura del metal y poderse desprender con limpieza del colado después del enfriamiento.
- El corazón debe ceder lo suficiente para permitir la contracción del colado después de la solidificación.

### **1.5.3 PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO**

#### Máquinas para moldeo

Estas máquinas ofrecen velocidades más altas de producción y mejor calidad de los colados además de mano de obra ligera y costos más bajos.

#### Máquinas de moldeo por sacudida y compresión

Consta básicamente de una mesa accionada por dos pistones en cilindros de aire, uno dentro del otro. El molde en la mesa se sacude por la acción del pistón inferior que eleva la mesa en forma repetida y la deja caer bruscamente en un colchón de rebote. Las sacudidas empaican la arena en las partes inferiores de la caja de moldeo pero no en la parte superior. El cilindro más grande empuja hacia arriba la mesa para comprimir la arena en el molde contra el cabezal de compresión en la parte superior. La opresión comprime las capas superiores de la arena en el molde pero algunas veces no penetra en forma efectiva todas las áreas del modelo.

#### Máquinas de sacudida y vuelco con retiro del modelo

En esta máquina una caja de modelo se coloca sobre un modelo en una mesa, se llena con arena y se sacude. El exceso de arena se engrasa y se engrapa un tablero inferior a la caja de moldeo. La máquina eleva el molde y lo desliza en una mesa o transportador. La caja se libera de la máquina, el modelo se vibra, se saca del molde y se regresa a la posición de carga. Máquinas similares comprimen y también sacuden.

#### Máquina lanzadora de arena

Esta máquina logra un empaque consistente y un efecto de apisonado lanzando arena con alta velocidad al modelo. La arena de una tolva se alimenta mediante una banda a un impulsor de alta velocidad en el cabezal. Una disposición común es suspender la lanzadora con contrapesos y moverla para dirigir la corriente de arena con ventaja dentro de un molde. La dureza del molde se puede controlar mediante el operador cambiando la velocidad del impulsor y moviendo la cabeza impulsora. Su principal utilidad es para apisonar grandes moldes y su única función es empaicar la arena en los moldes. Generalmente trabaja con el equipo de retiro del modelo.

Los procesos de moldes en fundición comercialmente ordinaria pueden ser clasificados como:

#### Moldeo en banco

Este tipo de moldeo es para trabajos pequeños, y se hace en un banco de una altura conveniente para el moldeador. En estos tipos de moldeo se producen grandes cantidades, también se utilizan placas correlativas que son modelos especiales metálicos de una sola pieza al igual que las cajas de tableros de soporte que permiten sacar con facilidad el modelo del molde de arena, el cual se puede volver a utilizar.

#### Moldeo en piso

Cuando las piezas de fundición aumentan de tamaño, resulta difícil su manejo, por consiguiente, el trabajo es hecho en el piso. Este tipo de moldeo se usa prácticamente todas las piezas medianas y de gran tamaño. Suelen ser muy



costosos, tienen el mismo procedimiento que el moldeo en banco salvo las características ya mencionadas.

#### Moldeo en fosa

Las piezas de fundición extremadamente grandes son moldeadas en una fosa en vez de moldear en cajas. La fosa actúa como la base de la caja, y se usa una capa separadora encima de él. Los lados de la fosa son una línea de ladrillos y en el fondo hay una capa gruesa de carbón con tubos de ventilación conectados a nivel del piso. Entonces los moldes de fosa pueden resistir las presiones que se desarrollan por el calor de los gases, esta práctica ahorra mucho en moldes costosos.

#### Molde en maquina

Las maquinas han sido construidas para hacer un número de operaciones que el moldeador hace ordinariamente a mano, tales como apisonar la arena, voltear el molde completo, formar la alimentación y sacar el modelo; todas estas operaciones pueden hacerse con la maquina mucho mejor y más eficiente que a mano.

### **1.5.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOLDE**

Los conductos que llevan el metal vaciado a la cavidad de molde son llamados sistema de alimentación, generalmente están constituidos por una vasija de vaciado, comunicando a un canal de bajada o conducto vertical conocido como bebedero, y a un canal a través del cual el metal fluye desde la base del bebedero a la cavidad del molde. En piezas grandes, de fundición puede usarse un corredor el cual toma el metal desde la base del bebedero y lo distribuye en varios canales localizados alrededor de la cavidad. El propósito de este sistema es, primeramente colocar el metal dentro de la cavidad. Como quiere que sea el diseño del sistema de alimentación es importante e involucra un número de factores.

El metal debe entrar a la cavidad con el mínimo de turbulencia, y cerca del fondo de la cavidad en los casos de fundiciones pequeñas.

La erosión de los conductos o superficie de la cavidad deben ser evitadas con una regulación apropiada del flujo del metal o por el uso de arena seca de corazones.

El metal debe entrar en la cavidad así como proporcionar una solidificación direccional. La solidificación debe progresar desde la superficie del molde a la parte del metal mas caliente compensando así la contracción.

Se debe prever que no entre la escoria u otras partículas extrañas a la cavidad del molde. La vasija de vaciado, debe estar próxima a la parte superior al agujero del bebedero, facilitando el vaciado y eliminando la escoria. El metal debe ser vaciado

de tal manera que la vasija de vaciado y el agujero del bebedero estén llenos todo el tiempo.

Los rebosaderos que se obtienen proporcionan en los moldes la alimentación del metal líquido a la cavidad principal de la pieza para compensar las contracciones. Estas pueden ser tan grandes en sección, así como el resto del metal líquido, tan grande como sea posible, y puede localizarse cerca de las secciones grandes que pueden estar sujetas a una gran contracción. Si estas se colocan en la parte superior de la sección, la gravedad puede ayudar a la alimentación del metal en la propia pieza fundida.

Los rebosaderos ciegos son como rebosaderos con cúpula, se localizan en la mitad de la tapa de la caja, los cuales no tienen la altura completa de la tapa. Estos están por lo normal colocados directamente sobre el canal, donde el metal alimenta dentro de la cavidad del molde y entonces complementa el metal caliente cuando el vaciado está completándose.

En algunos casos se utilizan filtros cerámicos que detienen el paso de la escoria y otros agentes nocivos para la calidad de la pieza.

### **1.5.5 ARENAS**

- Arena Sílica ( $\text{SiO}_2$ )

Se encuentra en muchos depósitos naturales, y es adecuada para propósitos de moldeo por que puede resistir altas temperaturas sin descomponerse. Esta arena es de bajo costo, tiene gran duración y se consigue en una gran variedad de tamaño y formas de grano. Por otra parte, tiene una alta relación de expansión cuando está sometida al calor y tiene cierta tendencia a fusionarse con el metal.

La arena sílica pura no es conveniente por sí misma para el trabajo de moldeo puesto que adolece de propiedades aglomerantes. Las propiedades aglomerantes se pueden obtener por adición de 8 a 16% de arcilla. Los tres tipos de arcilla comúnmente usados son, la Caolinita, Illita y Bentonita. Esta última, usadas con más frecuencia, proviene de cenizas volcánicas.

- Arenas naturales (semisintéticas)

Estas se han formado por la erosión de las rocas ígneas; se mezclan adecuadamente con arcillas al extraerlos en las canteras y solo se requiere agregarles agua para obtener una arena conveniente para moldeos de piezas fundidas de hierro y metales no ferrosos. La gran cantidad de materia orgánica encontrada en las arenas naturales impiden que sean lo suficientemente refractarias para usos en temperaturas elevadas, tal y como en el modelo de metales y aleaciones con alto punto de fusión.

- Arenas de moldeo sintéticas

Se componen de Sílice lava de granos agudos, a lo que se añade 3 a 5% de arcilla. Con las arenas sintéticas se generan menos gas ya que se requiere menos del 5% de humedad para que desarrolle su resistencia adecuada.

A medida que aumente el tamaño de las piezas a fundir conviene elegir también arena con granos más gruesa, de mayor resistencia y refracción. La arena ideal, sería aquella que se adaptara perfectamente bien para moldes destinados a distintos trabajos.

Para la fundición de piezas cuya superficie deben presentar buen aspecto sin trabajos posteriores a la fundición, se hace necesario el empleo de moldes de arena fija.

Este tipo de arena es recomendable ya que gracias a su contenido es posible obtener mayor permeabilidad, lo que conlleva a una disminución de los defectos de la pieza.

A continuación se indican los distintos tipos de arena y la forma de empleo para construir moldes de fundición, según la naturaleza de cada metal.

- Los moldes para el cobre se hace de arena verde mojada, muy poroso, para permitir el libre escape de los gases.

- Los latones requieren arenas especiales, no muy grasosas pero de buena cohesión. Para que la superficie de las piezas fundidas resulte lisa y de buen aspecto, se aplicará arena de granos más bien finos y con una cierta cantidad de arcilla, sin olvidar, por otro lado, que esta última ha de estar limitada, para que no impida la salida de los gases.

- Para los bronce se pueden aplicar moldes de arena verde o los llamados desecados. Los primeros se adaptan mejor para la fundición de piezas pequeñas, mientras que los segundos se usan para piezas de mayor tamaño.

- Para el aluminio y sus aleaciones, se usa arena que no ha de ser ni muy grasosa ni demasiado fina, con un contenido de arcilla de 10 a 15% y de 7 a 8% de agua; a esta arena se le agrega un poco aceite de lino, melaza, polvo de carbono o resina para aumentar la cohesión.

- Para las aleaciones de magnesio se aplica, por lo general, los mismos moldes que para la fundición del aluminio, pero con una diferencia solamente, que consiste en agregar a la arena de 3 a 10% de azufre y de 0.25 a 1% de ácido bórico. Esta 2 sustancia tienen por objeto, formar gases durante la fundición para impedir quemaduras en la superficie del metal o agujeros

## Calidad de las arenas

Para determinar la calidad esencial de la arena de fundición se hace necesaria algunas pruebas periódicas. Las propiedades cambian por contaminación con materiales estaños, por la acción del lavado en el recocido, por el cambio gradual y la distribución de los tamaños de grano y por la continua exposición de esta a altas temperaturas. Las pruebas pueden ser tanto químicas como mecánicas, pero a parte de la determinación de los elementos indeseables en la arena, las pruebas químicas son de poco uso. Las mayorías de las pruebas mecánicas son simples y no requieren equipos elaborados. Varias de las pruebas están diseñadas para determinar las siguientes propiedades de la arena de moldeo:

### Permeabilidad.

La porosidad de la arena que permite el escape de los gases y vapores formados en el molde.

### Resistencia.

La arena debe ser cohesiva hasta el grado de que tenga suficiente ligazón, tanto el contenido de agua como el de arcilla, afecta la propiedad de la cohesión.

### Resistencia en verde

Es la capacidad de la arena para formar grumos para retener la forma necesaria.

### Refractariedad

La arena debe resistir las altas temperaturas sin fundirse.

### Resistencia en caliente

Esta resistencia hace que la arena no se deteriore ni cambie sus dimensiones. Una vez que el metal se solidifica y seca las orillas del molde, la arena se calentará mucho; pero en ese momento se solidificó el metal y no es crítico el estado de la arena.

### Desprendimiento

Es la facilidad de la arena para sacudirla o sacarla después que solidificó la pieza. Si la arena tiene mucho aglutinante se endurece mucho al secarlas y se hace difícil separarla de la pieza fundida.

### Tamaño y forma del grano

La arena debe tener un tamaño de grano dependiente de la superficie que se trate de producir, y los granos deben ser irregulares hasta tal grado que mantenga suficiente cohesión.

Equipo para el acondicionamiento de la arena

Propiamente la arena bien acondicionada es un factor importante en la obtención de una buena pieza fundida. Las arenas nuevas así como las usadas preparadas adecuadamente, contienen los siguientes resultados:

- El aglutinante está distribuido más uniformemente en los granos de arena.
- El contenido de humedad está controlado y además la superficie particular esta humedecidas.
- Las partículas extrañas están eliminadas de la arena.
- La arena se ventila de tal manera que no se compacta y esté en condiciones propias para el moldeo.

Por razón de que acondicionar la arena a mano es difícil la mayoría de las fundiciones tienen equipos apropiados para esta operación.

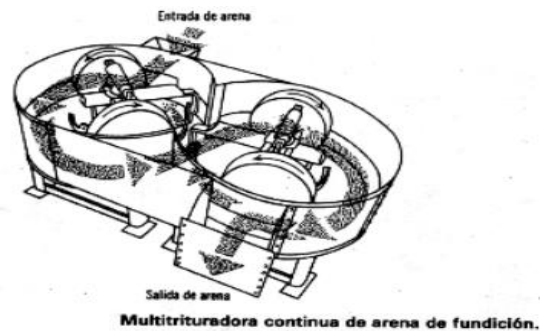


Figura 7.

Pruebas de la arena:

Son pruebas que se realizan continuamente para verificar que cumpla con los requisitos necesarios para poder soportar el proceso, ya que es normal que después del uso prolongado de estas se deterioren sus propiedades aglutinantes.

El contenido de humedad se mide con un medidor de humedad el cual envía aire caliente a través de una muestra de arena a un volumen constante. El volumen de humedad se determina por el tiempo necesario para secar la muestra.

Las resistencias se miden con una probadora universal: se toma una muestra de arena y se somete a pruebas de tracción, compresión, esfuerzo cortante y de carga. El número de veces que cae el peso muerto y apisona la arena, determina la resistencia del núcleo.

La permeabilidad se mide con un aparato especial que registra el tiempo necesario para hacer pasar una cantidad determinada de aire a través de una muestra de arena. La arena poco permeable dejará pasar menos aire que otra más porosa.

#### 1.5.4 Corazones

Cuando una pieza de fundición debe tener una cavidad o hueco, tal y como un agujero para un tornillo, debe introducirse al molde alguna forma de corazón. Un corazón se define algunas veces como cualquier proyección de arena dentro del molde. Esta proyección puede quedar formada por el molde mismo o puede ser hecha en otra parte e introducido en el molde después de extraer el modelo. Se pueden formar superficies tanto internas como externas en una pieza de fundición mediante los corazones.

Los corazones se clasifican como corazones de arena verde y corazones de arena seca.

Un corazón debe ser:

- Permeable: capacidad de la arena para permitir que escapen los vapores.
- Refractario: capacidad de soportar altas temperaturas.
- Facilidad de colapso: habilidad para disminuir el tamaño conforme se enfría el colado y se contrae.
- Resistencia en seco: para que no se erosione y sea arrastrado o cambie de tamaño cuando esté rodeado del metal fundido.
- Friabilidad: facilidad para desmoronarse y eliminarse con facilidad del colado. • Debe tener una tendencia mínima a generar gas.

#### **1.5.6 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PROCESO DE VACIADO.**

Colada (vaciado)

En talleres y fundiciones de producción pequeña, los moldes se alinean en el piso conforme se van haciendo y el metal es tomado entonces en pequeñas cucharas de vaciado. Cuando se requiere más metal o si un metal más pesado es vaciado, se han diseñado cucharas para ser usadas, por dos hombres. En fundiciones grandes, están comprometidas en la producción en masa de piezas fundidas, el problema de manejo de moldes y vaciado de metal se resuelve colocando los

moldes sobre transportadores y haciéndolos pasar lentamente por una estación de vaciado. La estación de vaciado puede ser localizada permanentemente cerca del horno o el metal puede ser traído a ciertos puntos por equipo de manejo aéreo. Los transportadores sirven como un almacén de lugar para los moldes, los cuales son transportados a un cuarto de limpieza.

El rechupe, debido a la falta de alimentación de la pieza. Las superficies internas de esta cavidad están cubiertas con cristales dendríticos y no están oxidadas.

Fundición por Inyección:

La fundición en esta forma y tratándose de gran cantidad de piezas, exige naturalmente un número considerable de moldes. Es evidente que el costo de cada pieza aumenta con el precio del molde.

En las técnicas modernas para la fundición de pequeñas piezas, se aplican maquinas con moldes de metal, que duran mucho tiempo, pudiendo fundirse en ellos millares de piezas, el metal se inyecta en el molde a presión, por cuya razón este sistema se denomina por inyección. El peso de las piezas que se pueden fundir por inyección en moldes mecánicos, varía entre 0.5 gramos hasta 8 kilos. Por lo general se funden por inyección piezas de Zinc, Estaño, Aluminio, y Plomo con sus respectivas aleaciones.

La parte más delicada de la máquina para fundir por inyección es el molde. Este molde tiene que ser hecho con mucho cuidado y exactitud, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y las tolerancias para la construcción de las piezas, de acuerdo con el metal y la temperatura con la que se inyecta. La cantidad de piezas que pueden fundir en un molde y con una sola maquina es muy grande, además, en una hora pueden fabricarse de 200 a 2000 piezas según su tamaño y forma, por lo tanto, repartiendo el costo del molde, de la máquina, así como también los gastos de mano de obra para la manutención del equipo y teniendo en cuenta la gran producción, a de verse que las piezas fundidas en serie por inyección resultan de bajo costos.

Fundición en Coquillas

Si se hecha un metal fluido en un molde permanente, fabricado de hierro o acero, se efectúa la fundición en coquillas.

Este método tiene una ventaja importante en comparación con la fundición en arena; se puede fundir con la pieza misma, roscas exteriores mayores, agujeros, etc. Las piezas coladas en coquillas tienen una superficie pareja y limpia por lo que, generalmente, no es necesario un trabajo posterior de acabado.

La exactitud de la medida es mucho más grande que la fundición de arena; pero mucho menor que cuando se funde por inyección. Se puede observar que la

estructura de la pieza fundida en coquillas es densa de grano muy fino, por lo que las propiedades mecánicas en estas son mejores que las de piezas iguales coladas en molde de arena. Por esta razón es posible disminuir el peso de piezas fundidas en coquillas, con el consiguiente ahorro de material.

### Fundición Centrífuga

La fundición centrífuga es el proceso de hacer 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. Por fundición centrífuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos.

Los corazones en forma cilíndrica y rebosaderos se eliminan. Las piezas tienen una estructura de metal densa con todo y las impurezas que van de la parte posterior al centro de la pieza pero que frecuentemente se maquinan.

Por razón de la presión extrema del metal sobre el metal, se pueden lograr piezas de secciones delgadas también como en la fundición estática. Los moldes permanentes se han hecho frecuentemente en la fundición centrífuga de magnesio. Desde entonces las piezas de fundición de magnesio son forzadas nuevamente al molde, las piezas se enfrían más rápidamente y el aire o gas atrapados se eliminan entre el molde y el material. Aunque en la fundición centrífuga hay limitaciones en el tamaño y forma de piezas fundidas, se pueden hacer desde anillos de pistón de pocos gramos de peso y rodillo para papel que pesen arriba de 40 toneladas, blocks de máquinas en aluminio.

### 1.6 DEFECTOLOGÍA

A pesar que la fundición ha sido un proceso de evolución continua no se han podido controlar con éxito muchos de los defectos que con ella se generan, estos defectos son causantes del rechazo de la pieza.

#### Defecto

Discontinuidad que al ser detectada, es evaluado el efecto que tiene sobre la pieza, bajo ciertas especificaciones dependiendo de la planta de producción o de las exigencias del cliente.

Estos defectos son comúnmente clasificados de la siguiente forma

- Rebasas  
Metal saliente de espesor irregular que no pertenece a la geometría de la pieza.



- Exudaciones  
Inclusiones metálicas, generalmente esféricas y superficie redondeada y suave.
- Poros  
Cavidades formadas a lo largo de la pieza en pequeñas colonias, en ocasiones atraviesan la geometría de la pieza.
- Rechupes  
Depresiones formadas en la superficie de la pieza por contracción en las partes gruesas de las piezas.
- Fisuras  
Ranuras que parecen marcas de pliegues sobre la superficie de la pieza, extendiéndose a lo largo de la pieza.
- Piezas alabeadas.  
Piezas con distorsión en relación a su forma original.
- Pandeo  
Canales con bordes suaves en la superficie de la fundición.
- Inclusiones de escoria.  
Introducción de la escoria en el molde.
- Inclusiones de arena.  
Reacción o vitrificación de la arena en la superficie de la pieza.
- Sopladuras.  
Cavidades con pared suave, generalmente esféricas causadas por gases atrapadas justo en la superficie de la pieza.
- Cola de rata.  
Defectos con forma puntiaguda de poca profundidad.
- Grietas por contracción.  
Cavidades formadas desde fuera hacia dentro por la acción de la contracción del metal.

## **PROCESO PRODUCTIVO INDUSTRIAL**

<sup>17</sup>Los procesos productivos industriales se refieren a la secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto. Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para producir un producto, ya sea este un bien o un servicio. Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudará a lograr los principales objetivos de producción.

1º. Costos (eficiencia) 2º. Calidad 3º. Confiabilidad 4º. Flexibilidad

---

<sup>17</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Procesos\\_productivos\\_industriales](https://es.wikipedia.org/wiki/Procesos_productivos_industriales)

## **PROCESO DE MECANIZADO.**

<sup>18</sup>Los procesos de mecanizado tradicional consisten en ir arrancando material sobrante hasta obtener la superficie deseada, para ello se hace incidir una herramienta afilada contra la pieza, el contacto se realiza a elevada velocidad y elevada presión, generando la suficiente fuerza para deformar y fracturar una parte de la pieza.

Dependiendo de cómo se origine la velocidad de contacto y la forma de la herramienta se distinguen los diferentes métodos de mecanizado o familia de procesos, con los que se obtienen distintas geometrías y combinándolos se puede obtener formas muy complejas.

Aunque se hace referencia al mecanizado de metales, todos los procesos se pueden aplicar a plásticos y maderas variando algunos parámetros, y algunos procesos se pueden aplicar a cerámicas y vidrios.

## **DESCRIPCIÓN DENOTATIVA U OBJETIVA**

El emisor informa sobre las características de lo descrito, intentando ajustarse a la realidad y sin realizar valoraciones personales. Es propia de los textos científicos y técnicos. Tiene una finalidad informativa: pretende mostrar la realidad tal como es.

---

<sup>18</sup> Procesos industriales para materiales metálicos

Escrito por Julián Rodríguez Montes, Lucas Castro Martínez, Juan Carlos del Real Romero capítulo 4, página 87

## 2. CLIENTES DE FUNDICOM S.A.S

El sector automotriz en Colombia está constituida por ensamble de vehículos principalmente y motocicletas, aunque también es productor de autopartes entre las que se encuentran sistemas de suspensión, sistemas de dirección, sistemas de escape, sistemas de transmisión, sistemas de refrigeración, material de fricción, partes eléctricas, tapicería y vidriería entre otros.

La participación de los clientes de Fundicom se realizara basado en su aporte a la facturación total acumulado del año 2016 hasta el mes de julio.

Razón social cliente	Participación %
KUBOTA MANUFACTURING OF AMERICA	55,3197
SERVIKOM LTDA.	16,1728
BONEM S.A.	12,2246
ZONA FRANCA INDUSTRIAL COLMOTORES S.A.S	11,9648
HINO MOTORS MANUFACTURING COLOMBIA S.A	2,1802
INCOLBEST S.A.	0,5809
CENTRO DE MECANIZADOS DEL CAUCA S.A.	0,3396
MICROMOTORES LTDA	0,2413
PUNTO AZUL BRAKE PAK S.A.S	0,2141
PRACO DIDACOL S.A.	0,1635
ENGICAST SAS	0,1139
SERVIRECICLAR LTDA	0,0712
SGS COLOMBIA S.A.S	0,0610
MAZDA DE COLOMBIA S.A.S	0,0527
TALLERES DIAZ LTDA	0,0402
INDUSTRIAS LUIS ARMANDO VESGA Y COMPAÑIA LIMITADA LAVCO LTDA	0,0349
INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA	0,0261
COLRECAMBIOS S.A.S.	0,0204
J.M.C. IMPORTACIONES SAS	0,0191
PROMOTORA INTERNACIONAL DE PARTES SAS	0,0144
COLOMBIANA DE FRENOS S.A. COFRE	0,0128
MOLDES AG S.A.S.	0,0110
BMP TRADING SAS	0,0108
DCN S.A.S	0,0108
EXODO V & P SAS	0,0108
IMPORFRENOS BRASIL SAS	0,0108
TODOFRENOS CAMILO PEDRAZA LTDA	0,0108
ECO INDUSTRIAS SAS ESP	0,0100
MAX TRAILER SAS	0,0096
TRACTO REPUESTOS SA	0,0096

CALDERAS JCT S.A.S	0,0091
METAL GREEN SAS	0,0061
WDM METALES SAS	0,0053
PEMARSA OILFIELD SERVICES S.A.	0,0044
RUEDA BALAGUERA JAIME	0,0037
MATERIALS XPERTS LTDA	0,0031
CONSORCIO MANTENIMIENTO 2014	0,0018
INGENIERIA METALURGICA INTEGRAL S.A.S	0,0014
DIAZ ROSAS LUIS ORLANDO	0,0013
ARENAS SAMUEL	0,0011
TORRES LOPEZ DEMETRIO ERICK	0,0003
ROJAS SILVA SINDY MADIONY	0,0001
ROA RICARDO ALBERTO	0,0000
<b>TOTALES</b>	<b>100,0000</b>

Basados en la información anterior concluimos que los clientes más representativos para la empresa Fundicom son Kubota (55%), Servikon LTDA. (16%), Bonem S.A. (12%) y Colmotores (12%).

Sin necesidad de aplicar alguna otra técnica para la adecuada determinación del cliente principal podemos afirmar que KUBOTA MANUFACTURING OF AMERICA ocupa este lugar en la empresa con más de la mitad de las ventas totales.

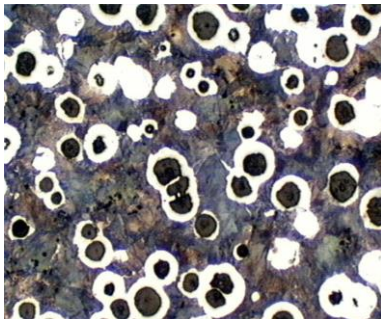
### 3. REQUISITOS DE INGENIERIA

Las piezas de Kubota soliciten un material de hierro nodular con la norma internacional ASTM A536.

Clase	Resistencia (psix1000)	Límite de fluencia	Dureza Brinell	Alargamiento (%)
60-40-18	42000	28000	149-187	18
65-45-12	45000	32000	170-207	12
80-55-06	56000	38000	187-255	6
100-70-03	70000	47000	217-267	3
120-70-02	84000	63000	240-300	2

**Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536.**

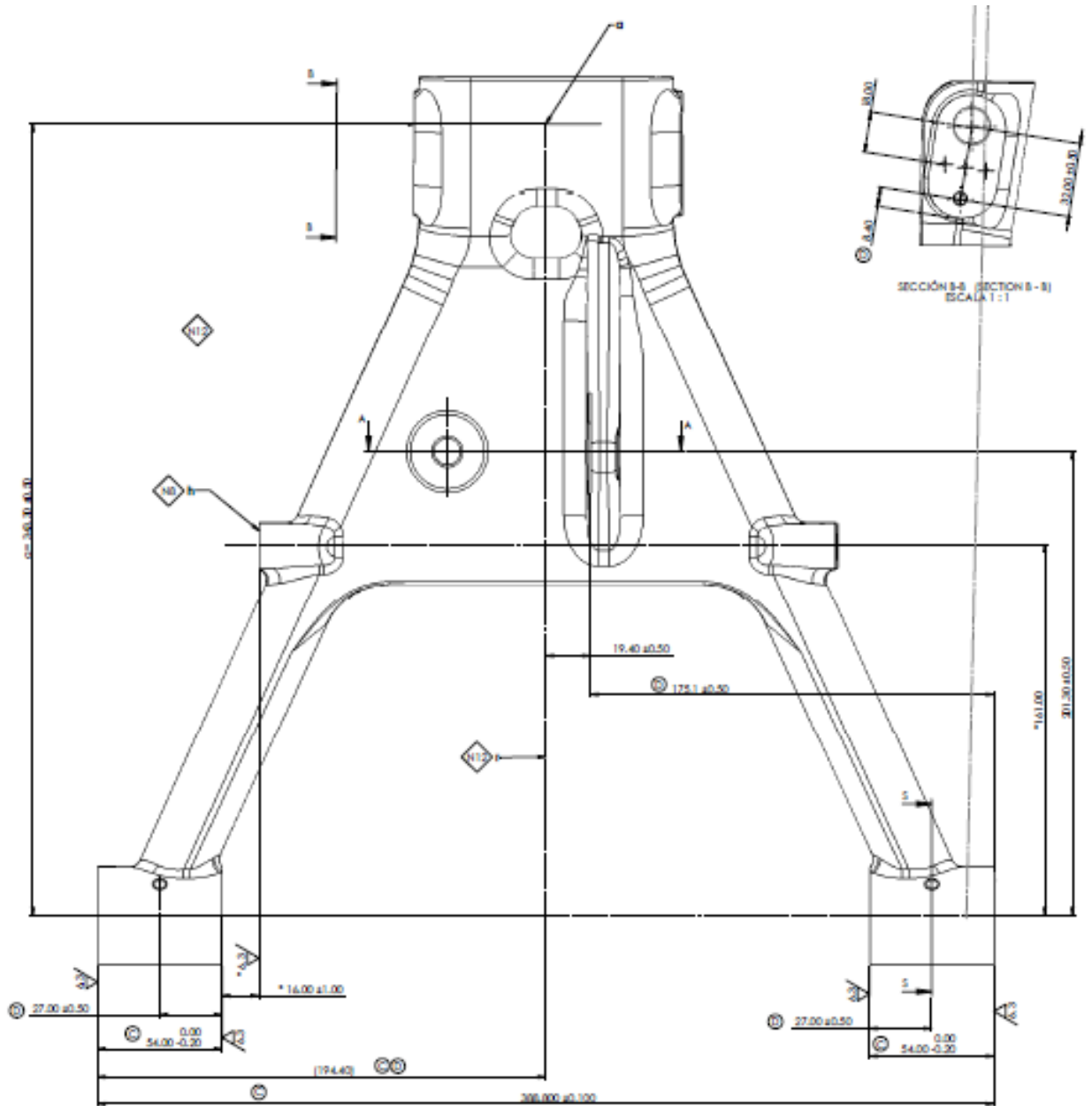
Las piezas corresponden a el material con la norma internacional ASTM A-536 80-55-06 que hace referencia a un hierro nodular de matriz perlítica-ferrítica, esta matriz se consigue mediante la adición controlada de elementos como Mn, Cromo y Vanadio que fomentan el crecimiento de la perlita en la nucleación durante el enfriamiento, también exige una nodularidad del 80% mínimo. En cuanto las propiedades físicas deben cumplir con una resistencia de 56000 psi mínimo, un límite de fluencia de 38000, cumplir una dureza Brinell entre 187-255 y un alargamiento correspondiente al 6%.



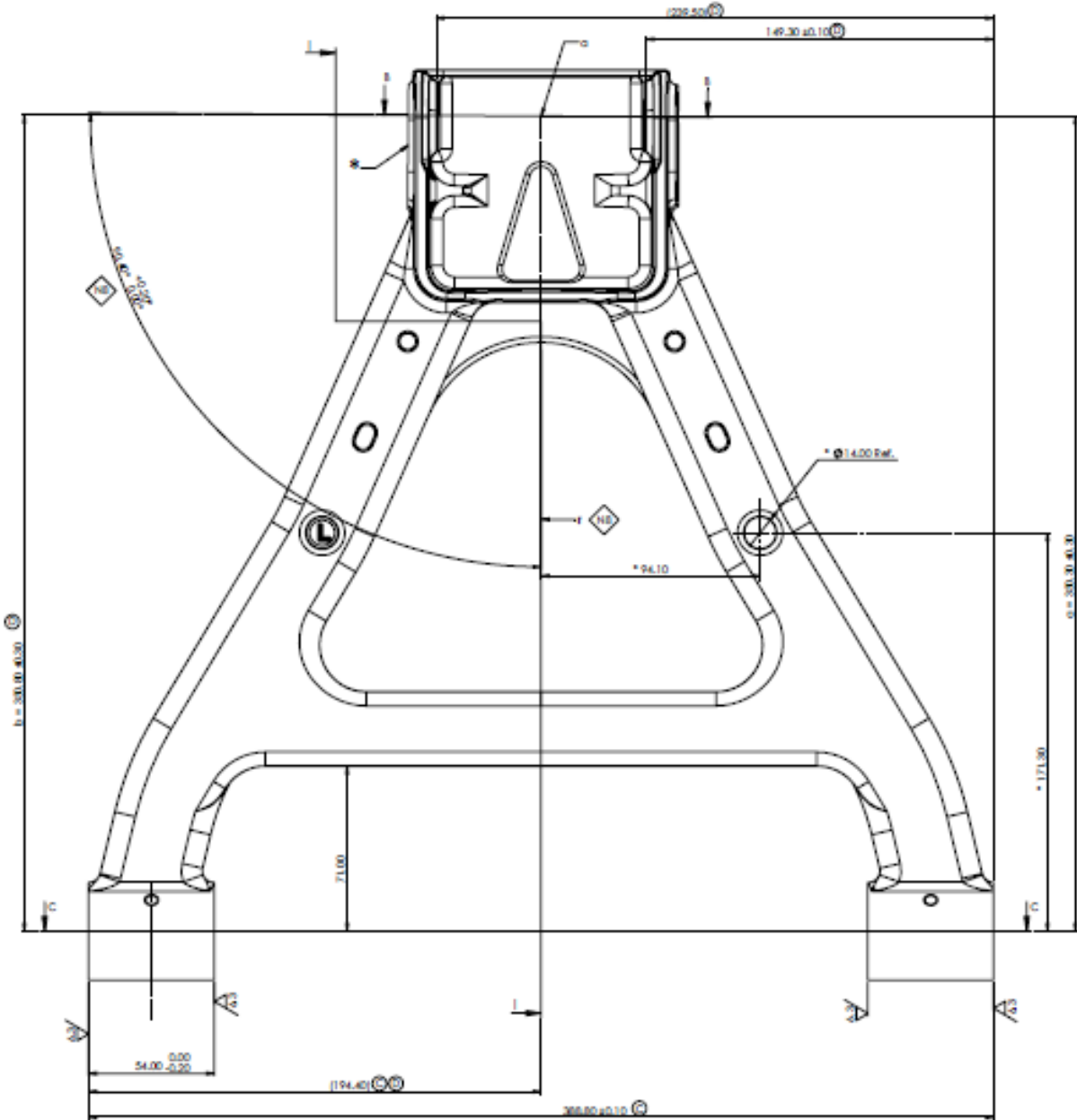
Microestructura de hierro nodular perlítico 80-55-06.

Una vez establecidas las características físico químicas del material, pasamos a definir las dimensiones finales de las siete referencias de Kubota y su respectiva identificación. A continuación presentamos los planos de las referencias haciendo la salvedad de que la referencia Kubota 960531 se convierte en 2 piezas izquierda y derecha (41/42), Kubota 960533 se convierte en (43/44) y las demás referencias Kubota 960535 (61), Kubota 960536 (62) y Kubota 960537 (63).

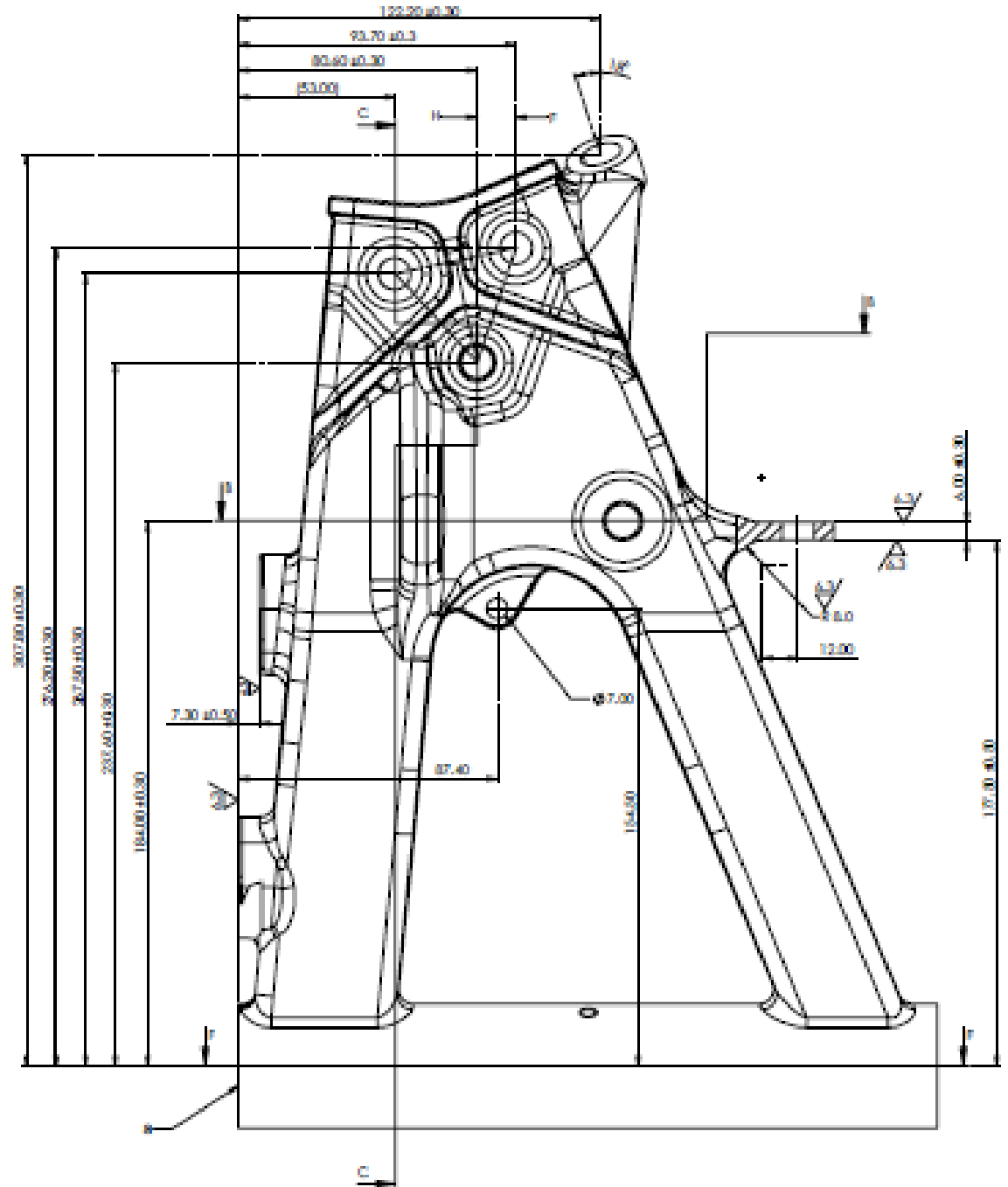
- KUBOTA 960531- 41/42



- KUBOTA 960533-43

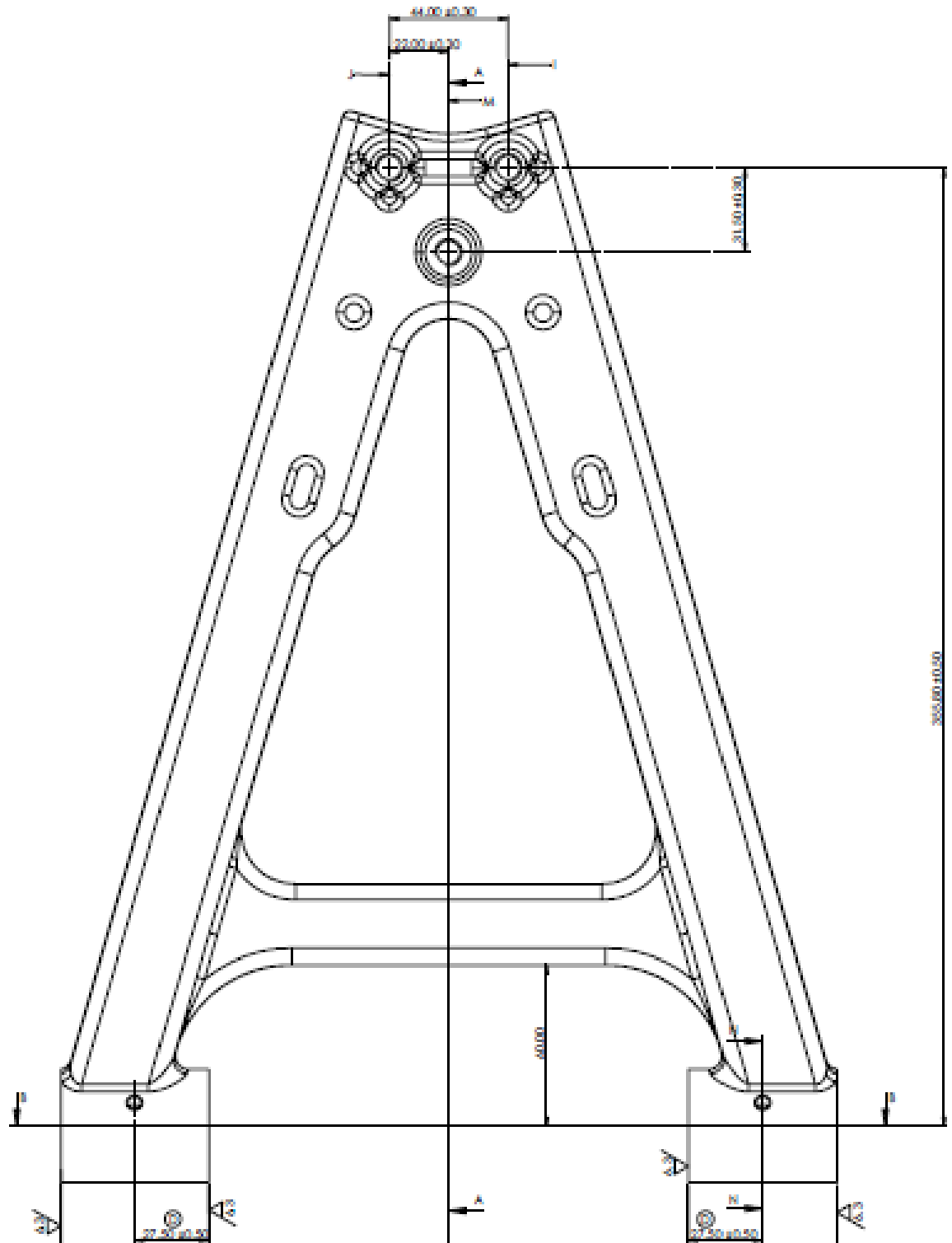


- KUBOTA 960536-36-61/62





- KUBOTA 960537-63



#### 4. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

Por medio de la observación del proceso productivo en la empresa Fundicom S.A.S se describen los procesos involucrados y las propiedades críticas de los mismos junto con un tiempo aproximado de cada uno de ellos y basados en el layout de la planta describir la ubicación de las actividades.

##### PROCESO DE FUSION

Este proceso inicia con la recepción técnica de materia prima e insumos, (Hot rolled, cold rolled, ferroaleantes, grafito, desescoriante, y demás), que cumplen las condiciones exigidas por ingeniería en las fichas técnicas para el aseguramiento de la calidad, el área de SGC y logística, se encargan de la recepción del material.

El proceso inicia con el remanente del horno del cual ya conocemos la composición química por medio del espectrómetro y se procede a realizar un balance de carga para alcanzar la composición química requería en la hoja de proceso para cada una de las referencias. Se establece las cantidades de materia prima a utilizar en el cargue y se procede con el mismo, primero se realiza la carga metálica que puede ser chatarra o retorno, luego agregamos los ferroaleantes, se inicia con el ferromanganeso, ferrocromo, cobre y finalmente el ferrosilicio. Para lograr la fusión del hierro, se tiene que llegar mínimo a una temperatura de 1380 grados centígrados y se procede a tomar la muestra mediante una coquilla para el análisis con el espectrómetro, el analista de laboratorio entrega un informe de composición química y el supervisor realiza un ajuste de composición de ser necesario de lo contrario se procede a realizar la inoculación en el traspaso de material del horno al caldero.

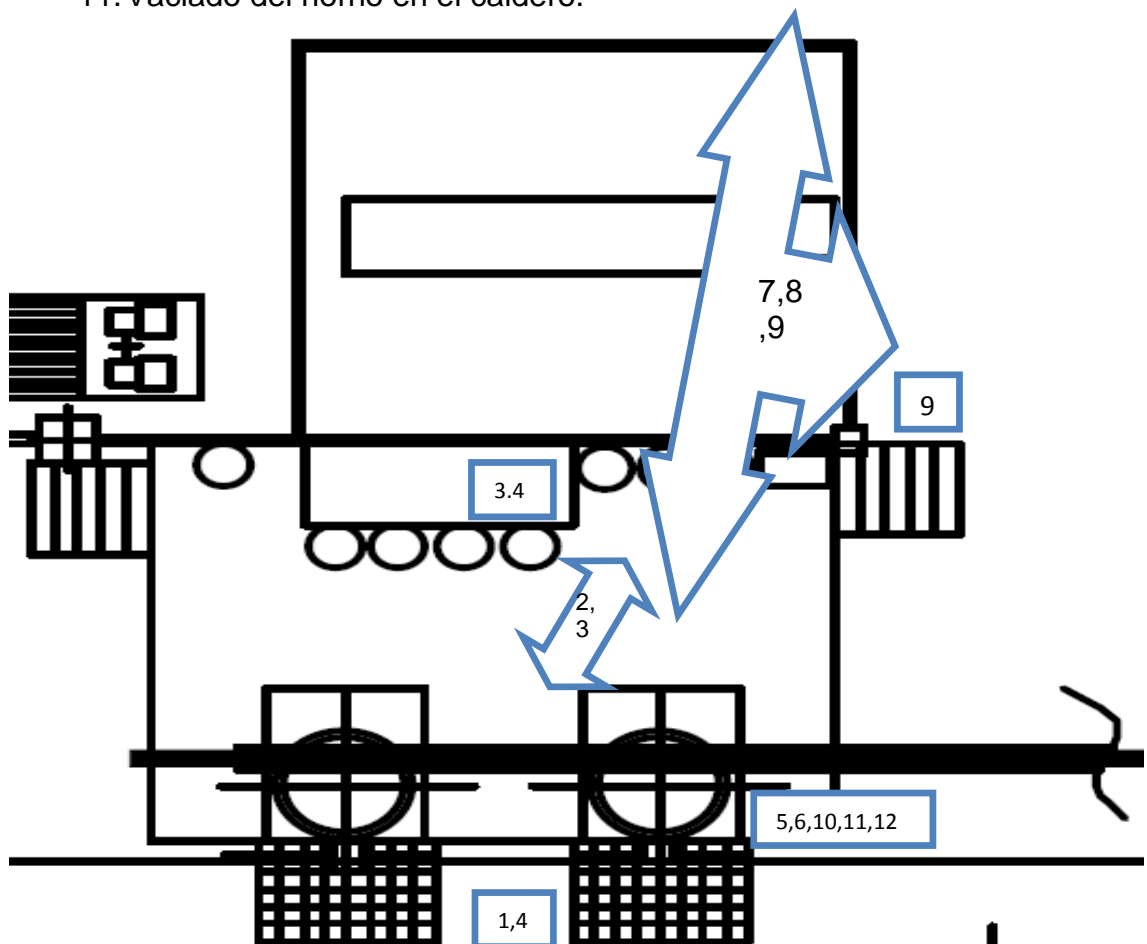
TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE FUSION
1	4874,4
2	4796,4
3	5252,4
4	4897,2
5	4087,8
6	5170,2
7	5073
8	5065,2
9	4863,6
10	5392,8
11	4692,6

<i>TIEMPO PROCESO DE FUSION</i>	
Media	5012,6
Error típico	87,70538996
Mediana	5073
Desviación estándar	339,6815147
Varianza de la muestra	115383,5314
Curtosis	2,96632722
Coficiente de asimetría	-1,363519454
Rango	1327,2
Mínimo	4087,8

12	5415	Máximo	5415
13	5143,8	Suma	75189
14	5078,4	Cuenta	15
15	5386,2		

## ACTIVIDADES DEL PROCESO

1. Toma de muestra para comprobación y ajuste de composición química.
2. Desplazamiento hasta la zona de control de la máquina.
3. Balance de carga para ajuste de composición química en caso de ser necesario (pastilla).
4. peso y selección de cada uno de los aditivos
5. Adición de los aditivos al horno.
6. Desplazamiento y selección de chatarra.
7. transporte manual desde el patio de chatarra hasta la bascula
8. peso de la chatarra en la báscula y transporte manual al horno donde la agrega a fundición.
9. Espera mientras transporte del caldero al horno.
10. Agrega inoculante al caldero.
11. Vaciado del horno en el caldero.



### Observaciones

- Carga manual de materia prima.
- Montacargas encendido en el proceso de pesado e impresión de recibo de la bascula.

### Actividad ocasional

- Diligenciamiento de la hoja de control del horno.
- Desplazamiento para aumentar la potencia y calentar el horno.

## PROCESO DE NOYERIA

Las referencias de Kubota requieren machos para los cilindros, en las referencias 31, 33 y 37 son los mismos, mientras que para las referencias 35 y 36 el macho si pasa a ser más largo por la forma de la pieza como lo podemos denotar en los planos de la pieza. Adicionalmente para mejorar la eficiencia del molde la pieza Kubota 31 se fabrica una galleta en resina autofraguante que se ubica en la parte central del molde y permite sacar 4 piezas/moldes.

### KUBOTA 31

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE NOYERIA		
1	7,69	<i>TIEMPO PROCESO DE NOYERIA</i>	
2	6,48		
3	7,8	Media	7,129333333
4	7,88	Error típico	0,188402979
5	7,57	Mediana	7,14
6	5,85	Desviación estándar	0,7296816
7	7,37	Varianza de la muestra	0,532435238
8	8,62	Curtosis	-0,267523303
9	6,46	Coefficiente de asimetría	0,22824356
10	6,95	Rango	2,77
11	7,14	Mínimo	5,85
12	6,62	Máximo	8,62
13	7,46	Suma	106,94
14	6,44	Cuenta	15
15	6,61		

KUBOTA 33

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE NOYERIA
1	1,46
2	1,13
3	1,55
4	1,59
5	1,42
6	0,98
7	1,41
8	1,46
9	1,92
10	1,33
11	1,82
12	1,51
13	1,85
14	0,87
15	1,6

---

*TIEMPO PROCESO DE NOYERIA*

---

Media	1,46
Error típico	0,077114633
Mediana	1,46
Desviación estándar	0,29866369
Varianza de la muestra	0,0892
Curtosis	-0,014565097
Coefficiente de asimetría	-0,449162316
Rango	1,05
Mínimo	0,87
Máximo	1,92
Suma	21,9
Cuenta	15

---

KUBOTA 35

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE NOYERIA
1	253,72
2	239,8
3	236,95
4	280,37
5	255,51
6	282,43
7	245,72
8	246,87
9	249,72
10	263,35
11	253,55
12	237,01

---

*TIEMPO PROCESO DE NOYERIA*

---

Media	254,542
Error típico	3,691014856
Mediana	253,55
Desviación estándar	14,29523907
Varianza de la muestra	204,35386
Curtosis	-0,122049599
Coefficiente de asimetría	0,805411016
Rango	45,48
Mínimo	236,95
Máximo	282,43

13	246,75
14	255,08
15	271,3

Suma	3818,13
Cuenta	15

---

### KUBOTA 36

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE NOYERIA
1	258,51
2	254,91
3	262,42
4	250,13
5	244,35
6	251,92
7	247,14
8	260,58
9	244,95
10	252,6
11	260,11
12	269,77
13	249,7
14	230,27
15	294,5

---

<i>TIEMPO PROCESO DE NOYERIA</i>	
Media	255,4573333
Error típico	3,686997419
Mediana	252,6
Desviación estándar	14,2796796
Varianza de la muestra	203,9092495
Curtosis	3,646627096
Coficiente de asimetría	1,232759369
Rango	64,23
Mínimo	230,27
Máximo	294,5
Suma	3831,86
Cuenta	15

---

### KUBOTA 37

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE NOYERIA
1	1,49
2	1,29
3	1,37
4	1,42
5	0,74
6	1,46
7	1,23
8	1,59

---

<i>TIEMPO PROCESO DE NOYERIA</i>	
Media	1,375333333
Error típico	0,074443118
Mediana	1,39
Desviación estándar	0,288316955
Varianza de la muestra	0,083126667
Curtosis	0,930701807

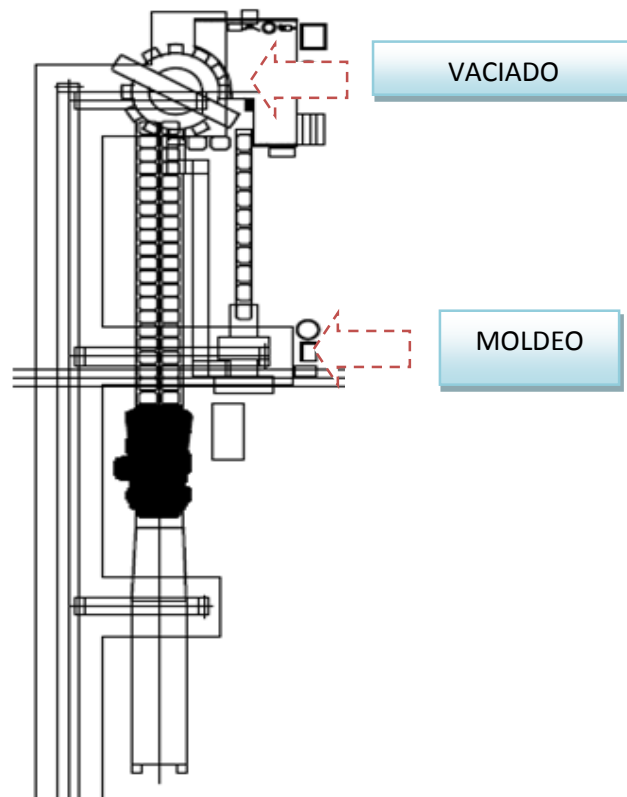
9	0,9	Coefficiente de asimetría	-0,614560459
10	1,55	Rango	1,11
11	1,31	Mínimo	0,74
12	1,39	Máximo	1,85
13	1,26	Suma	20,63
14	1,78	Cuenta	15
15	1,85		

### ACTIVIDADES DEL PROCESO

1. Se agregan 100 kg de arena seca por la parte superior de la mezcladora.
2. Se pesan 1.06 kg de (5.3% en peso) de resina fenólica.
3. Medir 550 cc de alcohol.
4. Dejar accionada durante 30 minutos
5. Desterronar arena
6. Encender mezcladora por otros 20 minutos.
7. Transportar la mezcla a la máquina y llenar la tolva de la maquina inyectora.
8. Activar la máquina para iniciar ciclo
9. Sacar los machos y emparejar las superficies.

### PROCESO DE MOLDEO

#### SISTEMA 1



En esta parte del proceso se utiliza la maquina automática Hunter 10C, se montan las placas de moldeo marcadas con la identificación de la pieza y de la colada en donde posteriormente adiciona arena preparada para moldeo en la prensa de la máquina en una caja falsa al finalizar se verifica el estado del molde y se dispone para el vaciado de ser un molde no apto para el proceso se destruye.

KUBOTA 960535: 1 figura por molde y 1 filtro cerámico.

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE MOLDEO
1	57,81
2	53,81
3	58,25
4	47,07
5	59,48
6	49,48
7	57,32
8	56,23
9	63,5
10	45,42
11	48,38
12	41,99
13	64,26
14	57,93
15	48,42

---

*TIEMPO PROCESO DE MOLDEO*

---

Media	53,9566667
Error típico	1,74384268
Mediana	56,23
Desviación estándar	6,75387367
Varianza de la muestra	45,6148095
Curtosis	-1,03167273
Coefficiente de asimetría	-0,1912524
Rango	22,27
Mínimo	41,99
Máximo	64,26
Suma	809,35
Cuenta	15

---

KUBOTA 960536: 1 figura por molde y 1 filtro cerámico.

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE MOLDEO
1	52,2
2	55,32
3	43,55
4	53,68
5	58,23
6	51,98
7	51,53
8	51,67

---

*TIEMPO PROCESO DE MOLDEO*

---

Media	54,344
Error típico	1,69329484
Mediana	53,19
Desviación estándar	6,55810273
Varianza de la muestra	43,0087114
Curtosis	7,08071592



9	56,14	Coefficiente de asimetría	2,04478557
10	51,48	Rango	31,05
11	53,93	Mínimo	43,55
12	74,6	Máximo	74,6
13	50,66	Suma	815,16
14	57	Cuenta	15
15	53,19		

KUBOTA 960537: 1 figura por molde y 1 filtro cerámico.

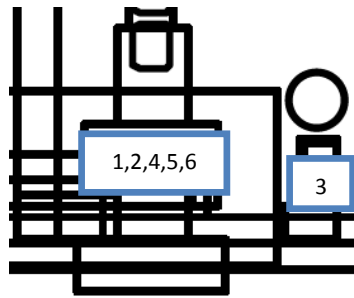
TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE MOLDEO		
1	48,1		
2	38,27		
3	57,64		
4	50,17		
5	56,12		
6	50,41		
7	49,69		
8	43,38		
9	50		
10	50,85		
11	50,3		
12	45,07		
13	44,81		
14	55,61		
15	47,81		

<i>TIEMPO PROCESO DE MOLDEO</i>	
Media	49,2153333
Error típico	1,30972657
Mediana	50
Desviación estándar	5,07254919
Varianza de la muestra	25,7307552
Curtosis	0,41065816
Coefficiente de asimetría	-0,29894776
Rango	19,37
Mínimo	38,27
Máximo	57,64
Suma	738,23
Cuenta	15

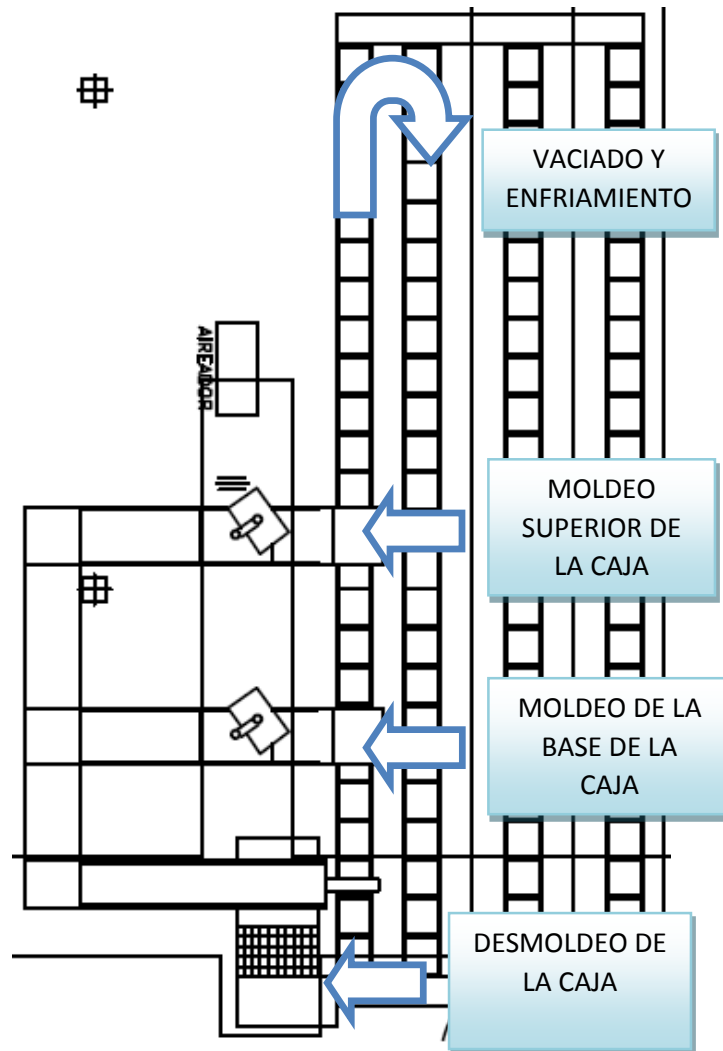
#### ACTIVIDADES DEL PROCESO

1. Limpieza de la placa modelo de la base del molde.
2. Activación de la Hunter para el moldeo de la base en arena.
3. Selección y limpia el macho.
4. fijación del macho.
5. Limpieza con aire comprimido de la base del molde y placa modelo de la tapa.
6. Activación de la maquina para moldeo de la tapa, cierre del molde y transporte a la araña.



SISTEMA DOS:

En esta parte del proceso utilizamos una maquina semiautomática H.W.S., en la cual se moldean tanto base como tapa y luego se unen para así conformar el molde. El sistema realiza un vibroprensado de la arena preparada contra la placa modelo para la fabricación del molde de los cuales se revisan antes de pasar a la línea de vaciado.



KUBOTA 960531: 4 figuras por molde y 1 filtro cerámico.

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE MOLDEO
1	693,15
2	764,68
3	702,54
4	551,39
5	760,56
6	686,98
7	692,75
8	539,98
9	883,71
10	658,97
11	736,26
12	695,59
13	634,57
14	829,82
15	734,23

---

*TIEMPO PROCESO DE MOLDEO*

---

Media	704,345333
Error típico	23,3613078
Mediana	695,59
Desviación estándar	90,4779561
Varianza de la muestra	8186,26054
Curtosis	0,51592181
Coefficiente de asimetría	-0,0287686
Rango	343,73
Mínimo	539,98
Máximo	883,71
Suma	10565,18
Cuenta	15

KUBOTA 960533: 2 figuras por molde y 1 filtro cerámico.

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE MOLDEO
1	361,17
2	291,52
3	365,79
4	428,43
5	379,96
6	337,63
7	363,66
8	346,77
9	340,66
10	380,34
11	349,81
12	296,6
13	373,21

---

*TIEMPO PROCESO DE MOLDEO*

---

Media	356,245333
Error típico	8,56391999
Mediana	363,66
Desviación estándar	33,1679195
Varianza de la muestra	1100,11088
Curtosis	1,52459849
Coefficiente de asimetría	-0,1897711
Rango	136,91
Mínimo	291,52
Máximo	428,43
Suma	5343,68

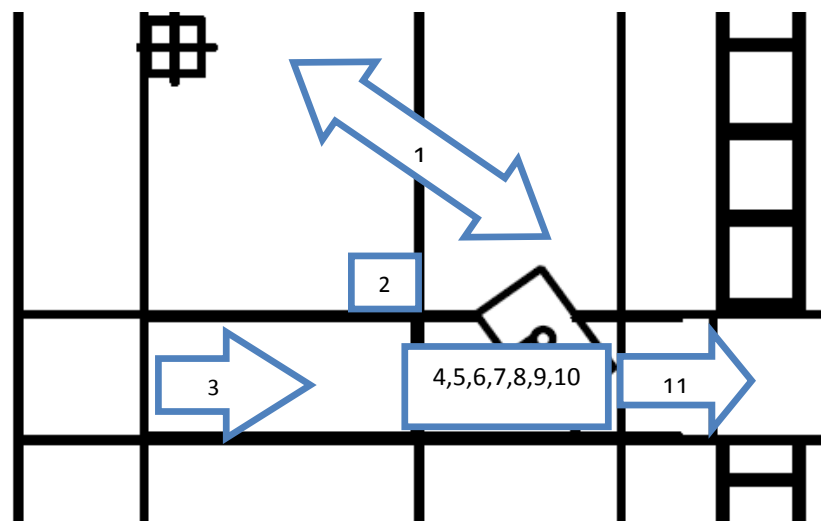
14	364,07
15	364,06

Cuenta

15

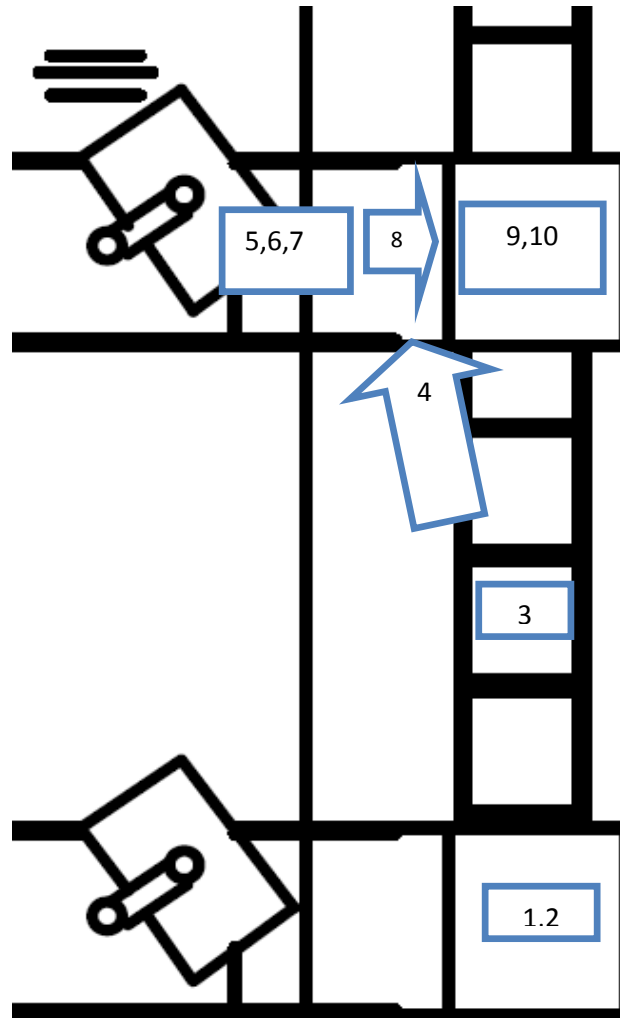
## ACTIVIDADES DEL PROCESO

- Moldeo de la caja base.
  1. Desplazamiento del operario desde el puesto de trabajo hasta el panel de control para la activación del inicio de ciclo.
  2. Activación del pedal para la volteadora #1
  3. Transporte y fijación de la caja base desde la volteadora #1 hasta la prensa.
  4. Alimentación de arena en la caja.
  5. Compactación manual con el apisonador neumático los extremos de la caja.
  6. Alimentación de arena en la caja.
  7. Activación del acomodador de arena por agitación.
  8. Se posiciona la prensa para la compactación
  9. Se lleva acabo la compactación de la arena con la presa.
  10. Se elimina la arena sobrante y se limpia por medio de aire comprimido.
  11. Se eleva la caja y se transporta manualmente a la volteadora #2.



- Moldeo de tapa y fijación de machos, noyos.
  1. aseguramiento de la caja en el elevador.
  2. baja la caja superior del molde a los rodillos transportadores
  3. Alistamiento y fijación los machos y noyos en la caja base.

4. Desplazamiento a la salida de las cajas superiores de compactación.
5. demarca el cono del bebedero.
6. limpia la caja superior con aire comprimido
7. marca con arena la caja
8. transporta manualmente la caja superior al elevador
9. activa el elevador para cerrar la caja
10. coordina visualmente la caja superior e inferior para un buen cierre manipulando lentamente el elevador y ajustando el vagón de manera manual.



### PROCESO DE VACIADO

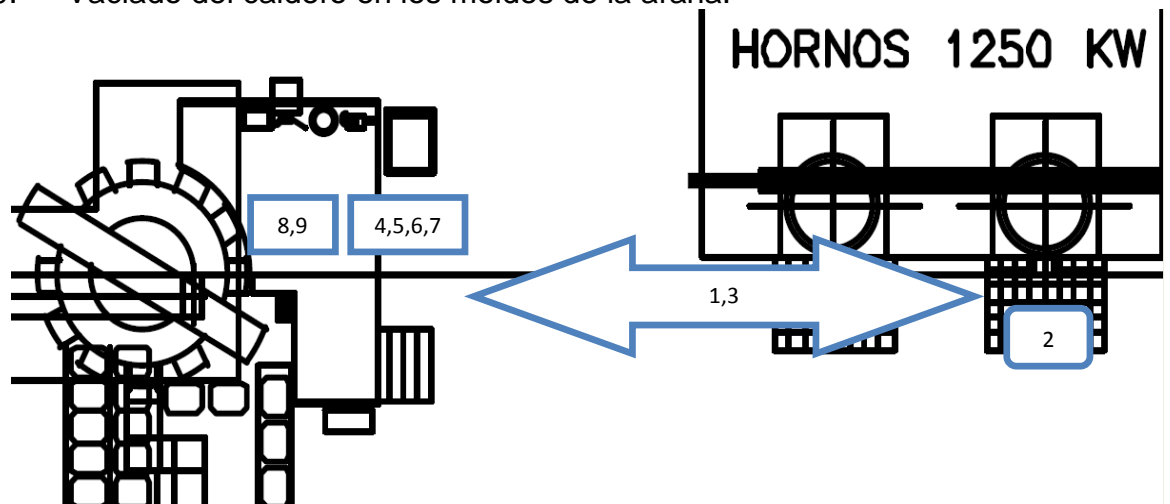
Si el proceso está dentro de las especificaciones de la hoja de proceso, se procede a escoriar por medio de sustancias conocidas como FUNDEX, este se vierte en la superficie del metal fundido y se retira la escoria mecánicamente, el paso siguiente es inocular, proceso que se lleva a cabo en el horno y en los calderos tundish con capacidad de 400Kg.

Calderos	Sistema 1	Sistema 2
Tundish	400 kg	400 kg
Para vaciar	200 kg	200 kg

luego a verificar el estado de los calderos, ya sean de sistema 1 o sistema 2, se cuenta con calderos de vertido y calderos tundish los cuales deben estar con un mínimo de revestimientos de 5 cm de ancho, que no esté agrietado ni con muchos residuos de escoria seguida de la revisión de la temperatura y pasar el material fundido a los calderos tundish para finalizar con el proceso de nodulización y vaciado en los moldes, el proceso determina la cantidad de material a vaciar, los moldes a llenar, el tiempo necesario de enfriamiento para asegurar una nucleación adecuada de la matriz microestructural y con esto el desmoldeo de la pieza.

### SISTEMA 1

1. Transporte del caldero hasta el horno con el puente grúa.
2. Esperar al llenado del caldero
3. Transportar con el puente grúa del caldero hasta la bahía de la araña.
4. Formación y remoción de escoria
5. Verificación de la temperatura de colado
6. Toma de muestras para calidad
7. Fijación de la tapa del caldero
8. Transporte con el puente de grúa desde la bahía hasta la araña
9. Vaciado del caldero en los moldes de la araña.



#### *Observaciones*

- Alto tiempo de espera del operario mientras se prepara la colada en la sección de hornos.

#### *Actividad ocasional*

- Operario de la araña empuja los moldes en el transportador

- Presencia de 2 empleados, uno se encarga de la operación de la araña y otro se encarga del vaciado del caldero.
- Desperdicio de metal al momento del vaciado.
- desde maquina Hunter hasta la araña.
- Diligenciamiento del formato de control de procesos.
- Operación de limpieza de los posicionadores de caja.

### KUBOTA 35

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE VACIADO
1	14,28
2	12,32
3	13,24
4	13,03
5	12,16
6	13,51
7	10,87
8	12,9
9	13,88
10	12,74
11	11,06
12	12,02
13	13,88
14	13,22
15	14,09

---

*TIEMPO PROCESO DE VACIADO*

---

Media	12,88
Error típico	0,26755329
Mediana	13,03
Desviación estándar	1,03622943
Varianza de la muestra	1,07377143
Curtosis	-0,30166572
Coefficiente de asimetría	-0,62826712
Rango	3,41
Mínimo	10,87
Máximo	14,28
Suma	193,2
Cuenta	15

---

### KUBOTA 36

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE VACIADO
1	12,43
2	12,12
3	12,3
4	13,21
5	11,66

---

*TIEMPO PROCESO DE VACIADO*

---

Media	12,6333333
Error típico	0,16761539
Mediana	12,43

6	12,96
7	12,25
8	13,8
9	11,86
10	13,14
11	13,63
12	13,19
13	12,58
14	12,3
15	12,07

Desviación estándar	0,64917163
Varianza de la muestra	0,42142381
Curtosis	-0,92506033
Coefficiente de asimetría	0,38247503
Rango	2,14
Mínimo	11,66
Máximo	13,8
Suma	189,5
Cuenta	15

### KUBOTA 37

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE VACIADO
1	14,77
2	14,78
3	13,6
4	13,3
5	13,33
6	12,14
7	14,11
8	12,11
9	16,31
10	14,92
11	11,22
12	11,38
13	12,74
14	11,6
15	12,66

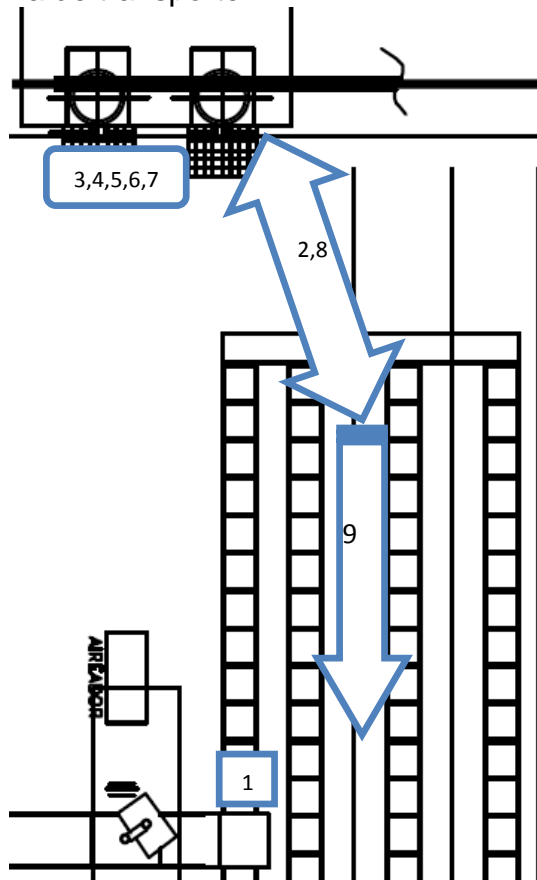
<u>TIEMPO PROCESO DE VACIADO</u>	
Media	13,2646667
Error típico	0,38515163
Mediana	13,3
Desviación estándar	1,49168585
Varianza de la muestra	2,22512667
Curtosis	-0,53307351
Coefficiente de asimetría	0,42530766
Rango	5,09
Mínimo	11,22
Máximo	16,31
Suma	198,97
Cuenta	15

### SISTEMA 2

1. Aseguramiento de las cajas mediante ganchos
2. Transporte hasta el horno con el puente grúa.
3. Esperar al llenado del caldero
4. Formación y remoción de escoria
5. Verificación de la temperatura de colado



6. Toma de muestras para calidad
7. Fijación de la tapa del caldero
8. Transportar con el puente grúa del caldero hasta la zona de colado y enfriamiento.
9. vaciado con movimiento del caldero en los moldes en los vagones del sistema de transporte.



KUBOTA 31

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE VACIADO
1	11,92
2	17,13
3	15,61
4	30,52
5	26,48
6	12,5
7	19,35

---

*TIEMPO PROCESO DE VACIADO*

---

Media	18,8353333
Error típico	1,46474859
Mediana	18,94
Desviación estándar	5,67294691
Varianza de la muestra	32,1823267

8	23,56	Curtosis	-0,55871319
9	20,45	Coefficiente de asimetría	0,53507047
10	22,19	Rango	18,6
11	13,53	Mínimo	11,92
12	18,94	Máximo	30,52
13	13,69	Suma	282,53
14	12,73	Cuenta	15
15	23,93		

### KUBOTA 33

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE VACIADO		
1	15,24	<u>TIEMPO PROCESO DE VACIADO</u>	
2	17,29		
3	17,5	Media	18,2326667
4	20,97	Error típico	0,81121336
5	22,26	Mediana	17,5
6	17,45	Desviación estándar	3,14181582
7	16,78	Varianza de la muestra	9,87100667
8	13,48	Curtosis	-1,15574978
9	15,12	Coefficiente de asimetría	-0,18018675
10	18,91	Rango	9,78
11	20,87	Mínimo	13,07
12	20,77	Máximo	22,85
13	20,93	Suma	273,49
14	13,07	Cuenta	15
15	22,85		

### PROCESO DE PREPARACION DE ARENAS

Se inicia cargando el molino de la siguiente forma

Carga	Cantidad
Arena re utilizada	800 Kg aproximadamente
Arena nueva	10 Kg
Carbón bituminoso	4 Kg
Bentonita	3 kg

Estos datos suelen estar sujetos a variación debido a que se hacen las adiciones con el objetivo de lograr ciertas propiedades en la arena ya que estas varían para cada sistema de moldeo.

Se realiza ensayo de compactibilidad, en el martillo pisón ubicado junto al molino a cada molienda, Para la aceptación de la muestra de la arena debe cumplir con estos requisitos.

RESISTENCIA A LA COMPRESION P.S.I	<b>S1:</b> 170- 220
	<b>S2:</b> 170- 220
% COMPACTABILIDAD	<b>S1:</b> 34 - 46
	<b>S2:</b> 42 - 52
% HUMEDAD	<b>S1:</b> 2.8 -3.8
	<b>S2:</b> 3.2 -4.0
PERMEABILIDAD cm <sup>3</sup> /s	100 - 150

Se realizan ajustes respectivos dependiendo del resultado de la prueba, con adición de agua o adición de arena, para las demás propiedades, el laboratorio metalúrgico hace pruebas semanales y por cada hora de trabajo en la planta para la revisión de todas las propiedades que pueden afectar la calidad del producto final.

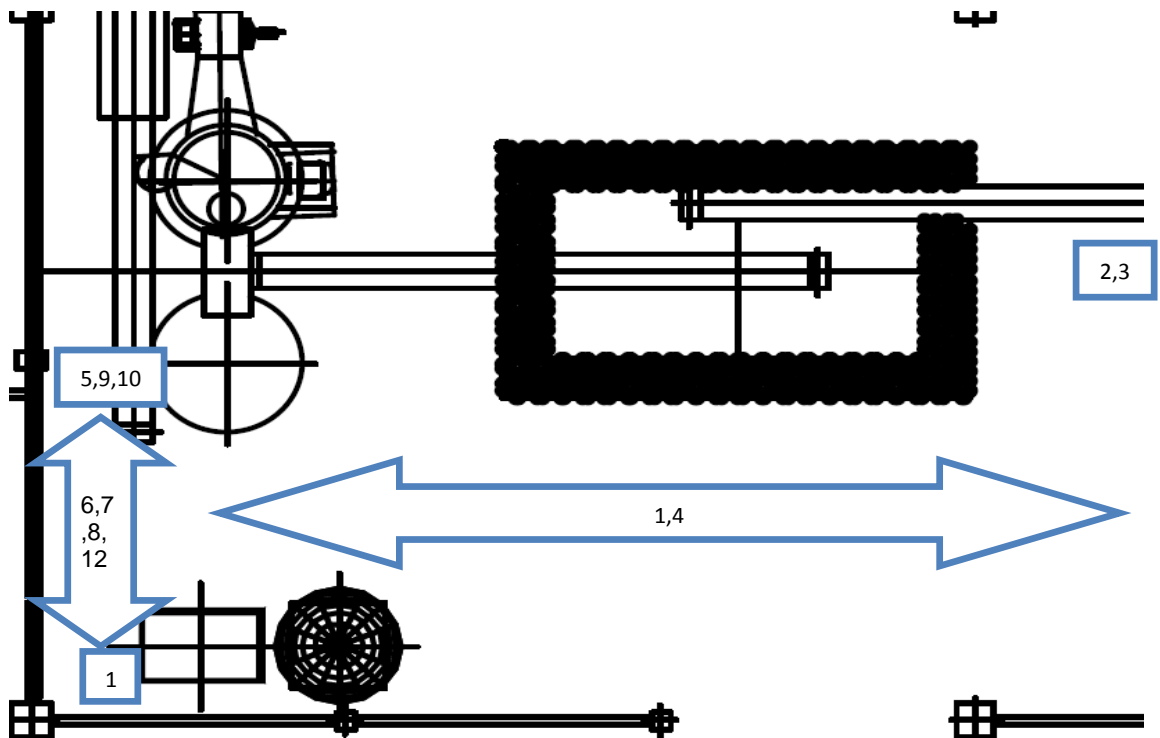
PESO DE LA PROBETA A.F.S (gr)	145
% FRIABILIDAD	< 15
MOLDABILIDAD	> 80
% BENTONITA EFECTIVA	3.0 - 7.5
% BENTONITA ACTIVA	6.0 - 9.0
% ARCILLA A.F.S.	11.0 - 16.0
INDICE DE FINEZA A.F.S.	50.0 - 85.0
% EFICIENCIA DE LA MEZCLA	> 40
% VOLATILES	2,0 - 4.5
% SUSTANCIAS ORGANICAS ADHERIDAS ( S.O.A )	2.0 - 4.5
% PERDIDAS POR IGNICION	2.5 - 5.0
% ARCILLA AJUSTADA	8.0 - 16.0
% FINOS	< 10

Se acciona la compuerta según el sistema de moldeo que se esté trabajando, para descargar manualmente.

El sistema de arenas cuenta con un sistema de transporte por medio de bandas transportadoras, subterráneas y aéreas, estas se encargan de llevar la arena de moldeo de manera adecuada a cada uno de los sistemas, y las subterráneas se encargan de recircularlas en el mismo sistema para ser posteriormente almacenada y utilizada.

## ACTIVIDADES DEL PROCESO

1. inicia el ciclo en el panel de control y se desplaza a la entrada del molino de arena
2. El operario hace una medición de determinada cantidad de arena según al proceso al que esté destinada.
3. Adición la arena a la banda transportadora que entra al molino
4. Desplazamiento hasta la salida del molino
5. ayuda a sacar la arena que se encuentra a la salida del molino hacia la banda transportadora independiente.
6. Desplazamiento hasta el panel de potencia y activación de la banda transportadora independiente.
7. desplazamiento hasta el panel de control y activa el descargue de la arena.
8. se desplaza a la salida del molino
9. toma muestras de la arena que sale del molino y tamiza manualmente la arena.
10. realiza la medición del porcentaje de humedad.
11. Retorna la arena de muestra a la banda transportadora y limpia su área de toma de muestra.
12. Desplazamiento al panel de control y gradúa la composición de la arena dependiendo del proceso al que este destinada de ser necesario.



*Observaciones*

- Riesgo eléctrico por falta de protección a la hora de manejar el panel de potencia
- Elevado número de desplazamientos
- Mejorar el control de activación de la banda transportadora independiente.

*Actividad ocasional*

- Limpiar la parte inferior de la banda transportadora que sale del molino y vertimiento en el sistema de recolección de arena.
- Desplazamiento a verificación visual de los poka joko sobre el nivel de las tolvas
- Desplazamiento a la parte superior de la tolva para adicionar bentonita a la tolva.

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE PREPARACION DE ARENA
1	271,48
2	260,05
3	263,2
4	262,44
5	253,57
6	290,39
7	282,15
8	301,28
9	277,51
10	241,15
11	284,11
12	271,26
13	311,53
14	281,73
15	245,14

---

*TIEMPO PROCESO DE PREPARACION DE ARENA*

---

Media	273,132667
Error típico	5,08915565
Mediana	271,48
Desviación estándar	19,7102151
Varianza de la muestra	388,492578
Curtosis	-0,29182905
Coefficiente de asimetría	0,21782419
Rango	70,38
Mínimo	241,15
Máximo	311,53
Suma	4096,99
Cuenta	15

---

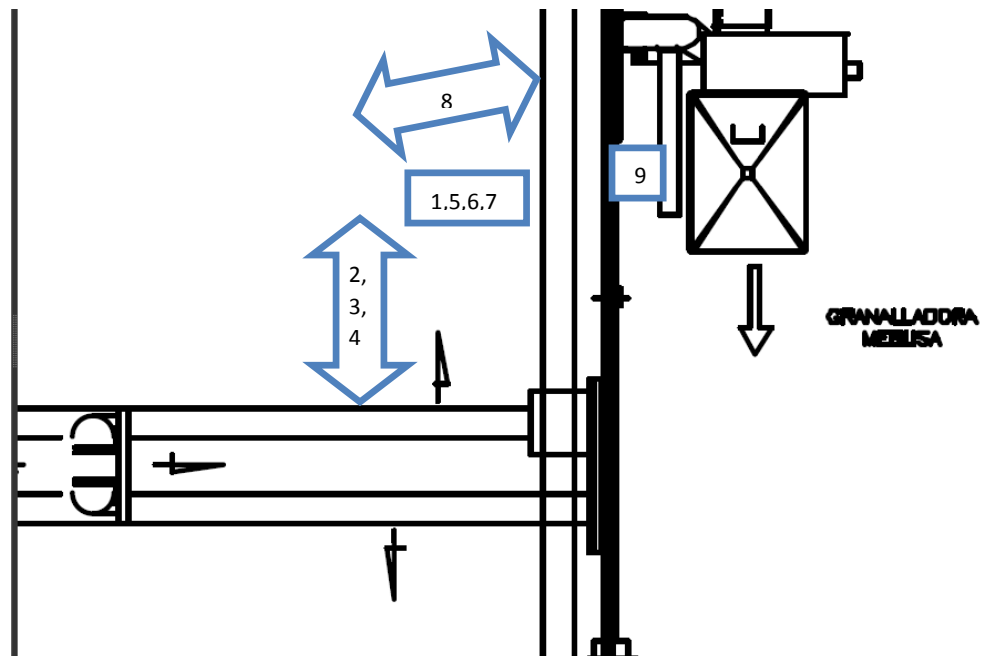
## PROCESO DE LIMPIEZA

En este proceso eliminamos las rebabas presentes en la pieza, tanto en la parte de perfiles internos para facilitar la parte de mecanizado como en los exteriores principalmente la parte de la zona de alimentación de la pieza y de la arena residual en la pieza.

### ACTIVIDADES DEL PROCESO

- DESMATACHADO

1. Alistamiento de yunques en el área de trabajo.
2. Desplazamiento al puente grúa.
3. Vaciado de las piezas de la canasta en el suelo con ayuda del puente grúa.
4. Desplazamiento del puente grúa para retirar la canasta y el gancho del área de trabajo.
5. Selecciona una pieza y si esta aun tiene el sistema de alimentación la impacta contra el yunque para retirar el dicho sistema.
6. Recoge los sistemas de alimentación retirados y los ubica en una canasta para ser enviada a reproceso.
7. Selecciona las piezas no conformes y las ubica en la canasta para reproceso.
8. Transporte de piezas desmatachadas hasta la tolva de alimentación de la granalladora.
9. Inicia el ciclo de la granalladora.



### *Observaciones*

- Transporte manual de piezas desmatachadas a la granalladora.
- Al impactar la pieza contra el yunque se presenta proyección de esquirlas hacia el operario o personal que transita por el área.

### *Actividad ocasional*

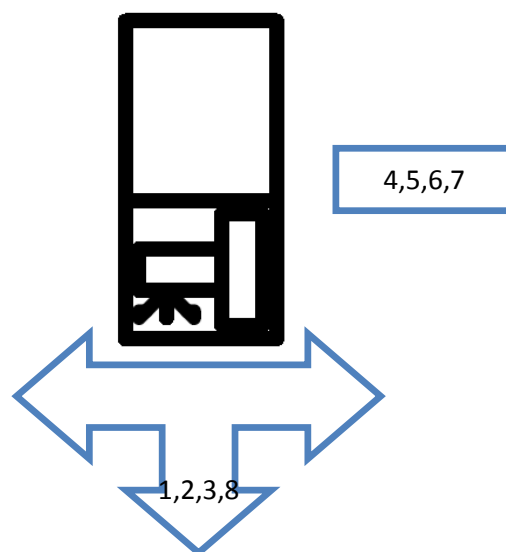
- Montacargas organiza las canastas según las piezas.
- Montacargas realiza el traslado de las canastas hacia y desde la desmoldadora.
- Limpieza de las rebabas que quedan en la granalladora

### *Posibilidades de mejora*

- Diseño de maquina para mecanizar el proceso, eliminando desplazamiento y corrigiendo ergonomía en el puesto de trabajo.

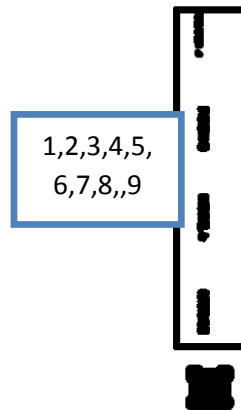
### • TALADRADO

1. Desplazamiento del operario hasta el estibador.
2. Desplazamiento hasta esmeril # 2.
3. Transporte de canasta de piezas desde la salida del puesto esmeril #2 hasta el puesto de trabajo.
4. Selecciona una pieza a trabajar de la canasta.
5. Ubica la pieza en la mesa de trabajo del taladro.
6. Procede a realizar las perforaciones necesarias en la pieza.
7. Retira la pieza de la mesa de trabajo y la ubica en la mesa de salida.
8. Al acumular determinada cantidad de piezas las toma todas y las transporta a la zona de esmerilado interior.



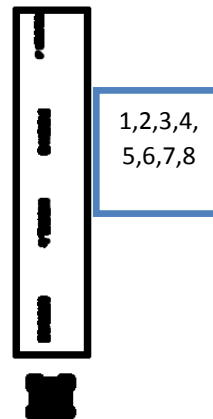
- ESMERILADO INTERIOR

1. Selecciona una pieza a trabajar de la canasta.
2. Desplazamiento al puesto de trabajo.
3. Toma la pieza seleccionada y la ubica en la prensa neumática.
4. Acciona el cierre de la prensa neumática.
5. Toma y enciende la pulidora de mano.
6. Inicia el proceso de pulido de la pieza en las zonas especificadas.
7. Apaga y suelta la pulidora de mano.
8. Acciona la apertura de la prensa neumática y toma la pieza.
9. Ubica la pieza en la banda transportadora.



- PULIDO DE CONCAVIDADES

1. Selecciona una pieza a trabajar de la banda transportadora.
2. Ubica la pieza seleccionada en la prensa neumática.
3. Acciona el cierre de la prensa neumática.
4. Toma y enciende el esmeril neumático.
5. Inicia el proceso de esmerilado en las zonas especificadas.
6. Apaga y suelta el esmeril neumático.
7. Ubica la pieza en la banda transportadora.
8. Acciona la banda transportadora para hacer que la pieza terminada caiga en una canasta.





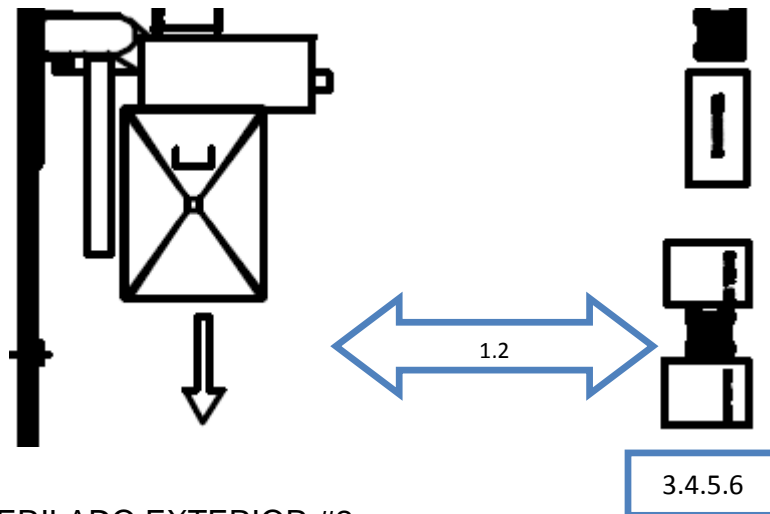
### Observaciones

### Actividad ocasional

- Toma el martillo y el cincel y golpea los huecos con rebaba metálica (ocasional).

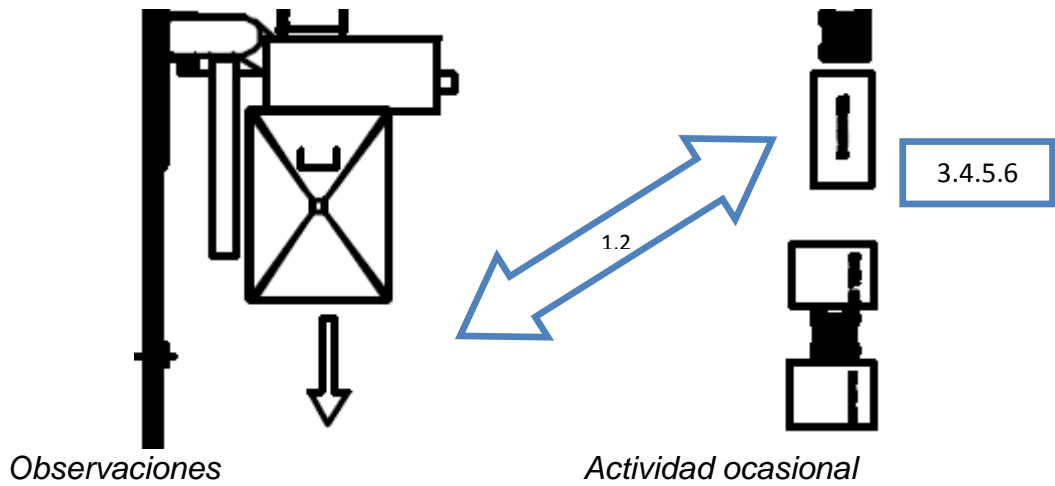
- ESMERILADO EXTERIOR #1

1. Transporte hasta la granalladora con el estibador.
2. Carga de canasta con piezas hasta el puesto de trabajo con ayuda del estibador.
3. Por golpe mecánico (con martillo) retira la rebaba de las piezas.
4. Inspecciona y clasifica las piezas, envía las que el considere a canasta de rechazo.
5. Selecciona una pieza de la canasta de proceso e inicia el proceso de esmerilado.
6. Al terminar ubica la pieza trabajada en una canasta dispuesta.



- ESMERILADO EXTERIOR #2

1. Desplazamiento hasta la granalladora con el estibador.
2. Carga de canasta con piezas hasta el puesto de trabajo con ayuda del estibador.
3. Por golpe mecánico (con martillo) retira la rebaba de las piezas.
4. Inspecciona y clasifica las piezas, envía las que el considere a canasta de rechazo.
5. Selecciona un grupo de piezas y las ubica sobre la mesa de trabajo.
6. Toma una pieza e inicia el proceso de esmerilado.
7. Al momento de terminar ubica la pieza trabajada en una canasta para el proceso siguiente.



- Piezas al fondo de la canasta afectan la ergonomía del puesto de trabajo.

#### KUBOTA 31

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA
1	1073,20
2	1121,53
3	1215,59
4	1185,15
5	1166,70
6	1466,75
7	1375,55
8	1464,13
9	1210,3
10	1054,53
11	1381,77
12	1317,46
13	959,1
14	1038,11
15	1261,64

<i>TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA</i>	
Media	1219,434
Error típico	40,5924298
Mediana	1210,3
Desviación estándar	157,213805
Varianza de la muestra	24716,1804
Curtosis	-0,94820194
Coefficiente de asimetría	0,1386217
Rango	507,65
Mínimo	959,1
Máximo	1466,75
Suma	18291,51
Cuenta	15

KUBOTA 33

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA
1	1020,49
2	956,31
3	1061,31
4	1005,72
5	912,51
6	992,13
7	1093,15
8	1067,18
9	806,47
10	932,78
11	1150,81
12	1387,57
13	1109,72
14	910,27
15	1222,79

---

*TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA*

---

Media	1041,94733
Error típico	36,8578354
Mediana	1020,49
Desviación estándar	142,749783
Varianza de la muestra	20377,5005
Curtosis	1,35631071
Coefficiente de asimetría	0,83131148
Rango	581,1
Mínimo	806,47
Máximo	1387,57
Suma	15629,21
Cuenta	15

---

KUBOTA 35

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA
1	982,04
2	986,26
3	1112,41
4	1226,43
5	1153,6
6	939,82
7	989,08
8	1232,91
9	1222,58
10	963,3
11	1132,11

---

*TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA*

---

Media	1058,64267
Error típico	28,6932167
Mediana	989,08
Desviación estándar	111,12835
Varianza de la muestra	12349,5103
Curtosis	-1,4119483
Coefficiente de asimetría	0,53257505
Rango	294,75
Mínimo	938,16

12	938,16
13	962,76
14	1064,9
15	973,28

Máximo	1232,91
Suma	15879,64
Cuenta	15

### KUBOTA 36

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA
1	982,04
2	986,26
3	1112,41
4	1226,43
5	1153,6
6	939,82
7	989,08
8	1232,91
9	1222,58
10	963,3
11	1132,11
12	938,16
13	962,76
14	1064,9
15	973,28

<i>TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA</i>	
Media	1058,64267
Error típico	28,6932167
Mediana	989,08
Desviación estándar	111,12835
Varianza de la muestra	12349,5103
Curtosis	-1,4119483
Coefficiente de asimetría	0,53257505
Rango	294,75
Mínimo	938,16
Máximo	1232,91
Suma	15879,64
Cuenta	15

### KUBOTA 37

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA
1	825,27
2	1102,18
3	768,98
4	936,94
5	976,95
6	938,22

<i>TIEMPO PROCESO DE LIMPIEZA</i>	
Media	953,029333
Error típico	23,3428482
Mediana	970,54
Desviación estándar	90,4064625

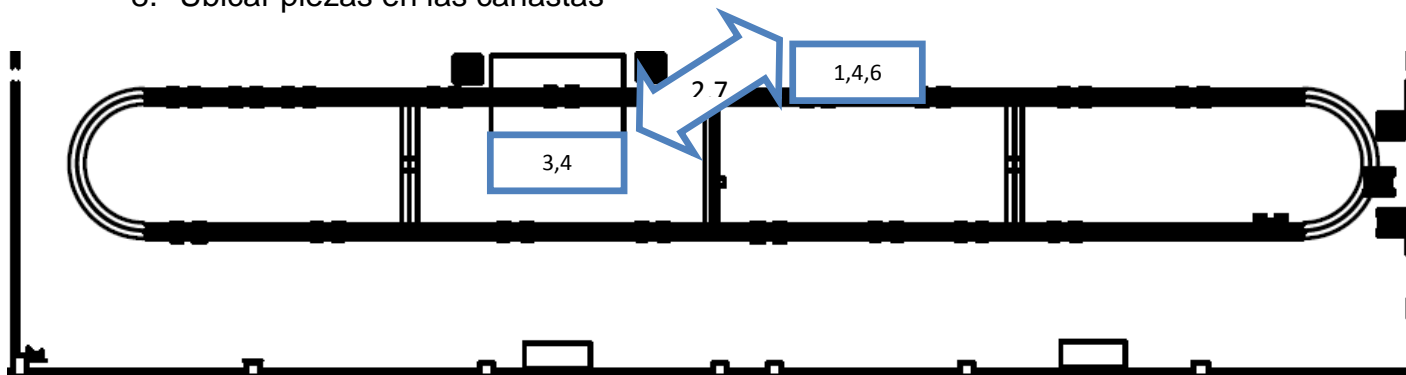
7	854,98	Varianza de la muestra	8173,32846
8	922,9	Curtosis	0,03493472
9	903,43	Coefficiente de asimetría	-0,37218716
10	970,54	Rango	333,2
11	976,63	Mínimo	768,98
12	1020,98	Máximo	1102,18
13	1000,53	Suma	14295,44
14	1080,1	Cuenta	15
15	1016,81		

## PROCESO DE PINTURA

En este proceso aplicamos pintura anticorrosiva en las piezas con un mínimo de espesor de 20  $\mu$  y una adhesión mayor al 15%.

### ACTIVIDADES DEL PROCESO

1. Colgar las piezas en el transportador elevado de piezas.
2. Desplazamiento hasta la zona de pintura para aplicar revestimiento anticorrosivo.
3. aplicar revestimiento anticorrosivo.
4. Esperar curado de anticorrosivo.
5. Aplicar revestimiento epoxico negro.
6. Esperar curado de revestimiento epoxico.
7. Traslado de piezas desde el elevador terminado hasta el estante de almacenamiento.
8. Ubicar piezas en las canastas



*Observaciones*

*Actividad ocasional*

- Transporte de la pintura desde almacén al puesto de trabajo.
- Mantenimiento de mangueras, pistolas y canecas por secado de la pintura

- Limpiar el tanque de agua para la eliminación de pintura.
- Preparación de la mezcla de pintura

### KUBOTA 31

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE PINTURA
1	37,92
2	33,67
3	47,37
4	38,79
5	37,69
6	38,27
7	33,17
8	36,19
9	39,22
10	38,42
11	38,75
12	30,7
13	40,74
14	32,81
15	39,84

---

*TIEMPO PROCESO DE PINTURA*

---

Media	37,57
Error típico	1,03400147
Mediana	38,27
Desviación estándar	4,00467049
Varianza de la muestra	16,0373857
Curtosis	1,66305101
Coefficiente de asimetría	0,53188241
Rango	16,67
Mínimo	30,7
Máximo	47,37
Suma	563,55
Cuenta	15

---

### KUBOTA 33

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE PINTURA
1	41,63
2	42,92
3	44,82
4	47,25
5	32,5
6	36,87
7	41,04

---

*TIEMPO PROCESO DE PINTURA*

---

Media	41,4786667
Error típico	1,2772619
Mediana	41,88
Desviación estándar	4,94681408
Varianza de la muestra	24,4709695

8	44,1	Curtosis	0,39958058	-
9	41,88	Coefficiente de asimetría	0,42132757	-
10	49,8	Rango	17,3	
11	35,57	Mínimo	32,5	
12	45,38	Máximo	49,8	
13	43,78	Suma	622,18	
14	41,04	Cuenta	15	
15	33,6			

### KUBOTA 35

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE PINTURA		
1	129,06	<u>TIEMPO PROCESO DE PINTURA</u>	
2	108,97		
3	96,45	Media	112,85
4	123,07	Error típico	2,10178382
5	106,89	Mediana	111,15
6	116,96	Desviación estándar	8,14017374
7	111,15	Varianza de la muestra	66,2624286
8	123,21	Curtosis	0,569923
9	111,12	Coefficiente de asimetría	0,15387566
10	116,07	Rango	32,61
11	111,1	Mínimo	96,45
12	113,56	Máximo	129,06
13	103,52	Suma	1692,75
14	111,68	Cuenta	15
15	109,94		

### KUBOTA 36

TOMA N°	TIEMPO PROCESO DE PINTURA		
1	130,65	<u>TIEMPO PROCESO DE PINTURA</u>	

2	97,14
3	121,4
4	133,2
5	102,21
6	116,41
7	111,81
8	100,63
9	88,96
10	95,02
11	104,44
12	114,96
13	83,44
14	99,18
15	99,85

Media	106,62
Error típico	3,73503809
Mediana	102,21
Desviación estándar	14,4657403
Varianza de la muestra	209,257643
Curtosis	-0,47155223
Coficiente de asimetría	0,43924561
Rango	49,76
Mínimo	83,44
Máximo	133,2
Suma	1599,3
Cuenta	15

#### KUBOTA 37

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	134,37
2	113,39
3	99,83
4	99,29
5	136,36
6	123,85
7	123,82
8	102,09
9	109,08
10	113,28
11	142,82
12	124,13
13	130,71
14	128,34
15	123,36

---

*TIEMPO PROCESO DE PINTURA*

---

Media	120,314667
Error típico	3,51867993
Mediana	123,82
Desviación estándar	13,6277888
Varianza de la muestra	185,716627
Curtosis	-0,96310265
Coficiente de asimetría	-0,19288565
Rango	43,53
Mínimo	99,29
Máximo	142,82
Suma	1804,72
Cuenta	15

---

#### PROCESO DE MECANIZADO

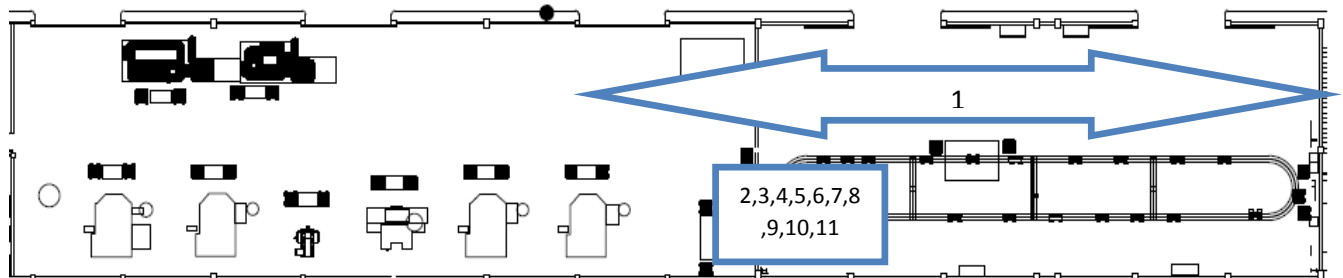
En el proceso de mecanizado se controla por medio de la hoja de operaciones y de montajes, en las cuales se encuentran las instrucciones de los montajes en los dispositivos que cuentan las maquinas en cada operación y adicionalmente se



encuentran las medidas de control de proceso que se deben inspeccionar según lo defina la hoja de operaciones, también se encuentra los avances, las herramientas a utilizar y las medidas finales.

- HAAS

1. Transporte de piezas desde área de terminado de pintura.
2. Selecciona dos piezas de la canasta con piezas a trabajar y las ubica en la mesa de trabajo.
3. Verifica que la maquina haya terminado ciclo de trabajo.
4. Limpia con aire comprimido las piezas terminadas por la máquina.
5. Desmonta del soporte de trabajo de la maquina las piezas terminadas.
6. Monta, verifica la posición y asegura las piezas a trabajar en el soporte de la máquina.
7. Inicia el ciclo de trabajo de la máquina.
8. Realiza proceso manual de desbaste de rebabas en las piezas que retiro de la máquina.
9. Limpia las piezas con aire comprimido.
10. Realiza proceso de verificación dimensional de la pieza mediante calibrador pie de rey y galgas de medición.
11. Ubica las piezas en una canasta para producto terminado.



*Observaciones*

- Martilla un poco la pieza en el momento de asegurar la pieza en el soporte de trabajo de la maquina.

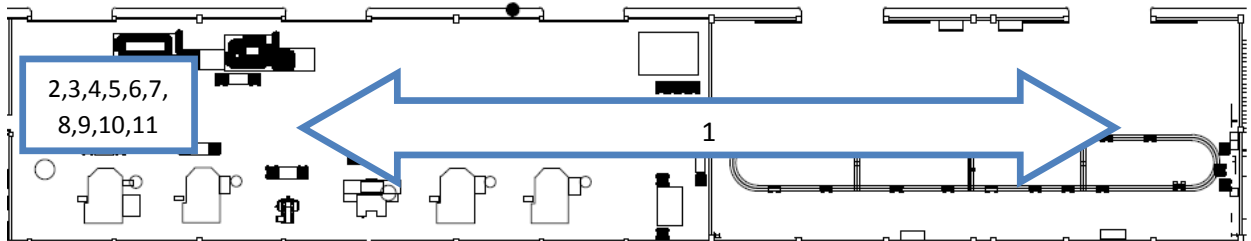
*Actividad ocasional*

- Verificación de check list de la maquina al inicio de turno.
- Revisar y ajustar la cantidad de refrigerante.
- Cambio de herramienta.
- Disposición de la pieza metrología.
- Limpieza de herramientas de medición y comparación.

- En caso de presentar pieza inconforme esta se ubica en canasta roja.

- CM LW-3/760

1. Transporte de piezas desde área de terminado de pintura.
2. Selecciona dos piezas de la canasta con piezas a trabajar y las ubica en la mesa de trabajo.
3. Verifica que la maquina haya terminado ciclo de trabajo.
4. Desmonta del soporte de trabajo de la maquina las piezas terminadas.
5. Monta, verifica la posición y asegura las piezas a trabajar en el soporte de la máquina.
6. Inicia el ciclo de trabajo de la máquina.
7. Limpia con aire comprimido las piezas terminadas por la máquina.
8. Realiza proceso manual de desbaste de rebabas en las piezas que retiro de la máquina.
9. Limpia las piezas con aire comprimido.
10. Realiza proceso de verificación dimensional de la pieza mediante galgas de medición.
11. Ubica las piezas en una canasta para producto terminado.



*Observaciones*

- Martilla un poco la pieza en el momento de asegurar la pieza en el soporte de trabajo de la maquina.

*Actividad ocasional*

- Verificación de check list de la maquina al inicio de turno.
- Revisar y ajustar la cantidad de refrigerante.
- Cambio de herramienta.
- Disposición de la pieza metrología.
- Limpieza de herramientas de medición y comparación.

- En caso de presentar pieza inconforme esta se ubica en canasta roja.
- Limpieza del sifón de tanque de recolección de líquido refrigerante.

### KUBOTA 31

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	846,04
2	745,13
3	805,88
4	684,5
5	768,01
6	760,48
7	643,6
8	765,72
9	669,01
10	664,23
11	779,75
12	766,87
13	811,56
14	851,57
15	773,65

---

*TIEMPO DE MECANIZADO*

---

Media	755,733333
Error típico	16,6075683
Mediana	766,87
Desviación estándar	64,3208356
Varianza de la muestra	4137,1699
Curtosis	-0,70086495
Coefficiente de asimetría	-0,38722127
Rango	207,97
Mínimo	643,6
Máximo	851,57
Suma	11336
Cuenta	15

---

### KUBOTA 33

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	606,4
2	590,95
3	604,77
4	665,23
5	597,99
6	605,82
7	680,56
8	634,25

---

*TIEMPO DE MECANIZADO*

---

Media	618,505333
Error típico	6,90267787
Mediana	607,36
Desviación estándar	26,7339564
Varianza de la muestra	714,704427
Curtosis	0,92902084

9	591,74
10	625,51
11	588,86
12	617,81
13	628,32
14	632,01
15	607,36

Coefficiente de asimetría	1,1475935
Rango	91,7
Mínimo	588,86
Máximo	680,56
Suma	9277,58
Cuenta	15

### KUBOTA 35

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	1075,87
2	1181,75
3	1027,29
4	1078,68
5	1179,94
6	1110,67
7	1047,19
8	1099,92
9	1093,89
10	1173,7
11	1104,88
12	1061,84
13	1117,55
14	1083,61
15	1146,87

<i>TIEMPO DE MECANIZADO</i>	
Media	1105,57667
Error típico	12,2582773
Mediana	1099,92
Desviación estándar	47,476104
Varianza de la muestra	2253,98045
Curtosis	-0,67373977
Coefficiente de asimetría	0,32429058
Rango	154,46
Mínimo	1027,29
Máximo	1181,75
Suma	16583,65
Cuenta	15

### KUBOTA 36

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	1264,54
2	1219,97
3	1322,08
4	1337,94
5	1234,29
6	1271,88
7	1229,4
8	1186,83

<i>TIEMPO DE MECANIZADO</i>	
Media	1266,56467
Error típico	15,9335321
Mediana	1264,54
Desviación estándar	61,7103043
Varianza de la muestra	3808,16166
Curtosis	-0,88070269

9	1150,2
10	1239,92
11	1341,55
12	1306,57
13	1221,26
14	1313,89
15	1358,15

Coefficiente de asimetría	-0,17040717
Rango	207,95
Mínimo	1150,2
Máximo	1358,15
Suma	18998,47
Cuenta	15

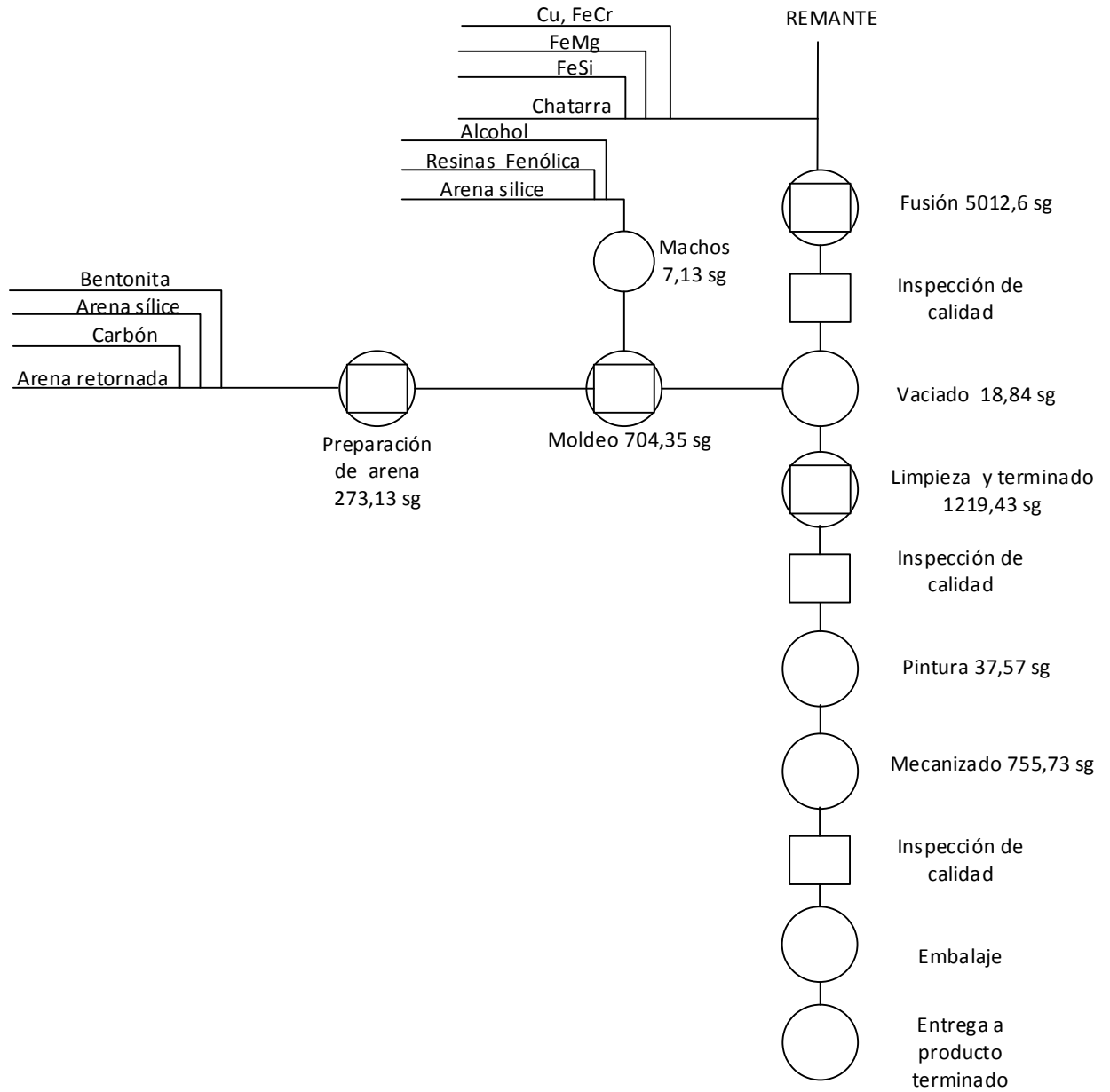
### KUBOTA 37

TOMA N°	TIEMPO DE MECANIZADO
1	492,23
2	443,7
3	434,27
4	601,12
5	433,26
6	437,25
7	458,57
8	521,64
9	485,08
10	454,14
11	543,27
12	435,53
13	447,41
14	397,21
15	503,38

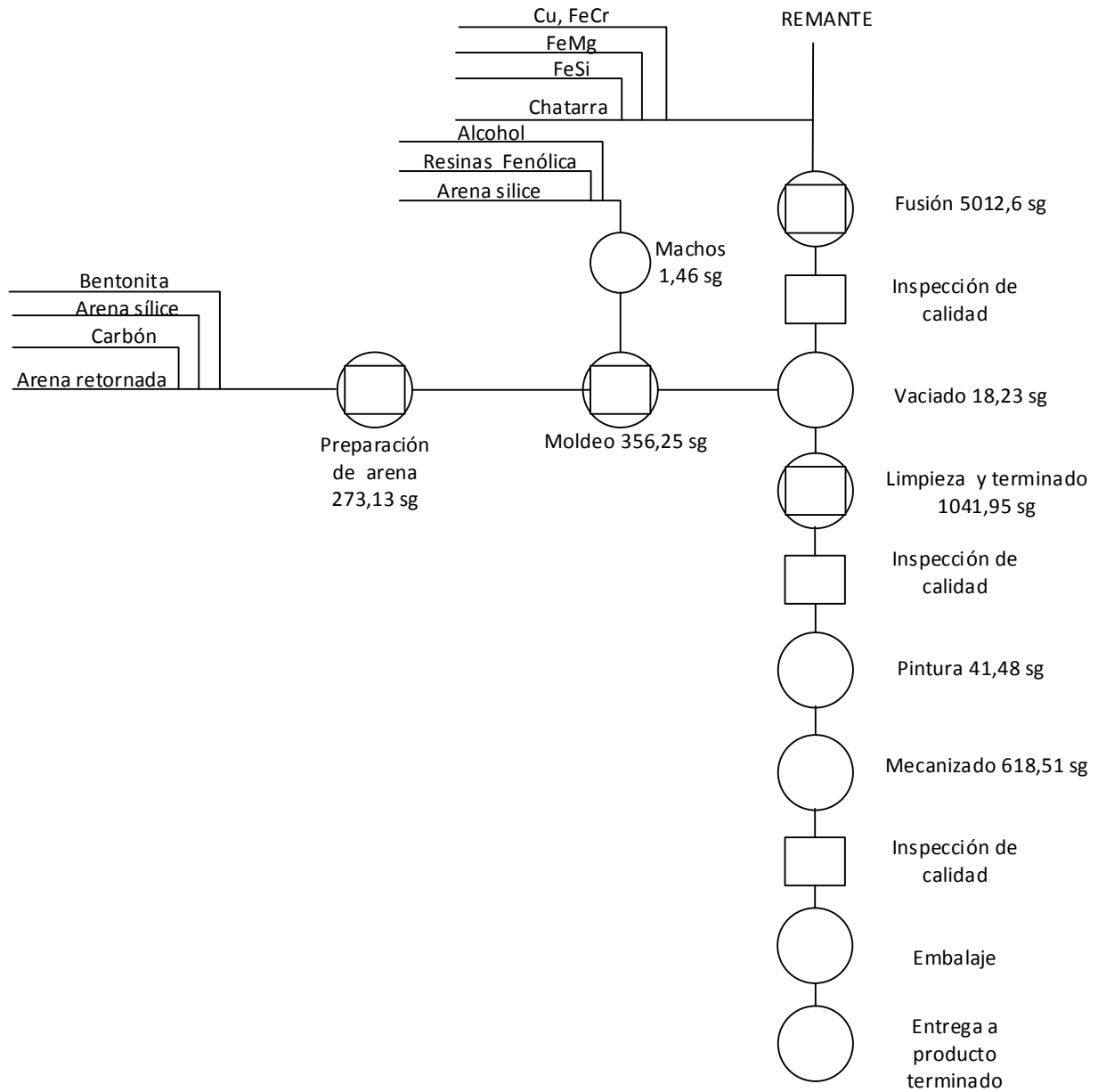
<i>TIEMPO DE MECANIZADO</i>	
Media	472,537333
Error típico	13,5816123
Mediana	454,14
Desviación estándar	52,6013581
Varianza de la muestra	2766,90288
Curtosis	1,20686144
Coefficiente de asimetría	1,10405348
Rango	203,91
Mínimo	397,21
Máximo	601,12
Suma	7088,06
Cuenta	15

## 5. DIAGRAMA DE OPERACIONES

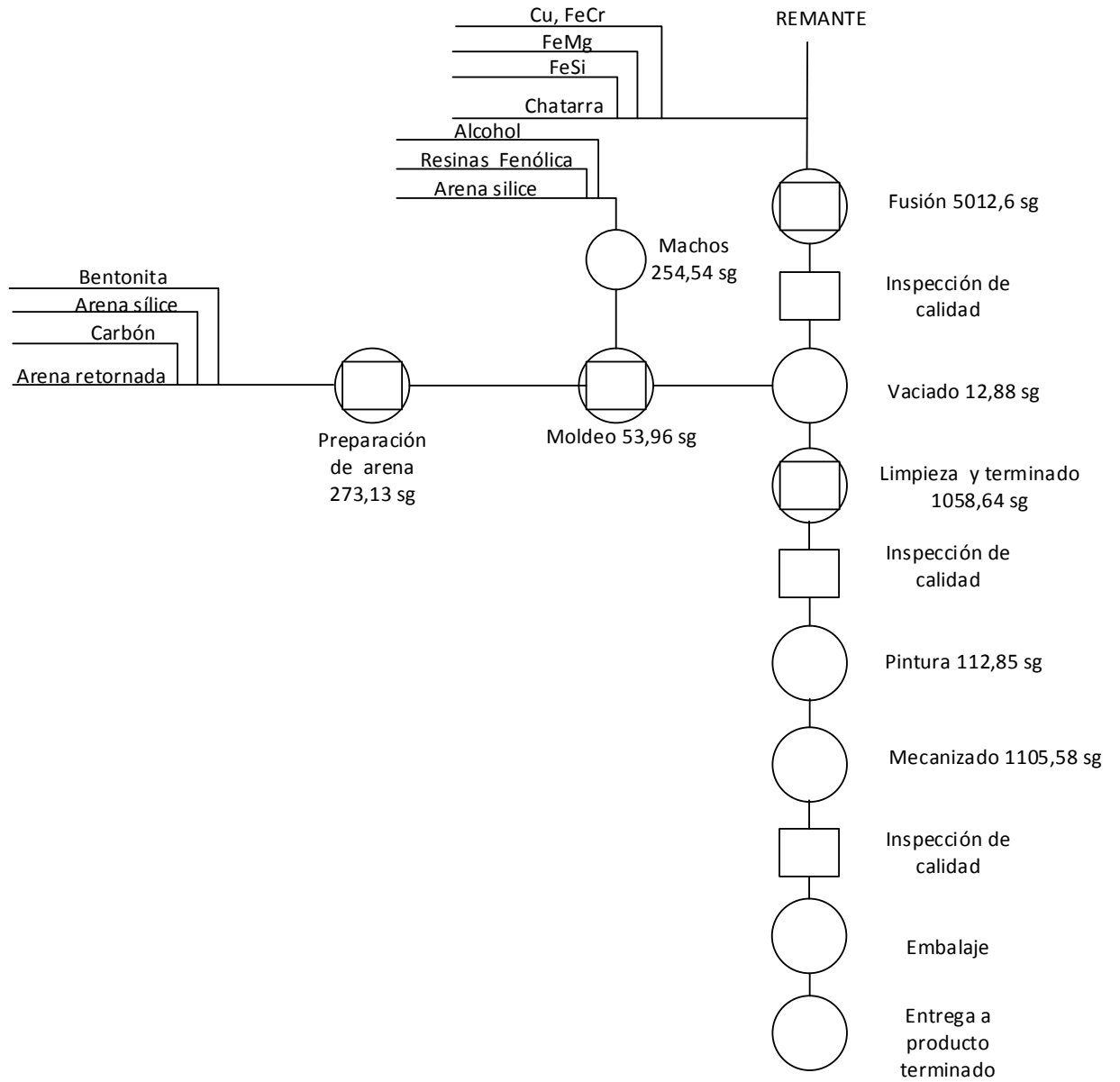
KUBOTA 31



KUBOTA 33

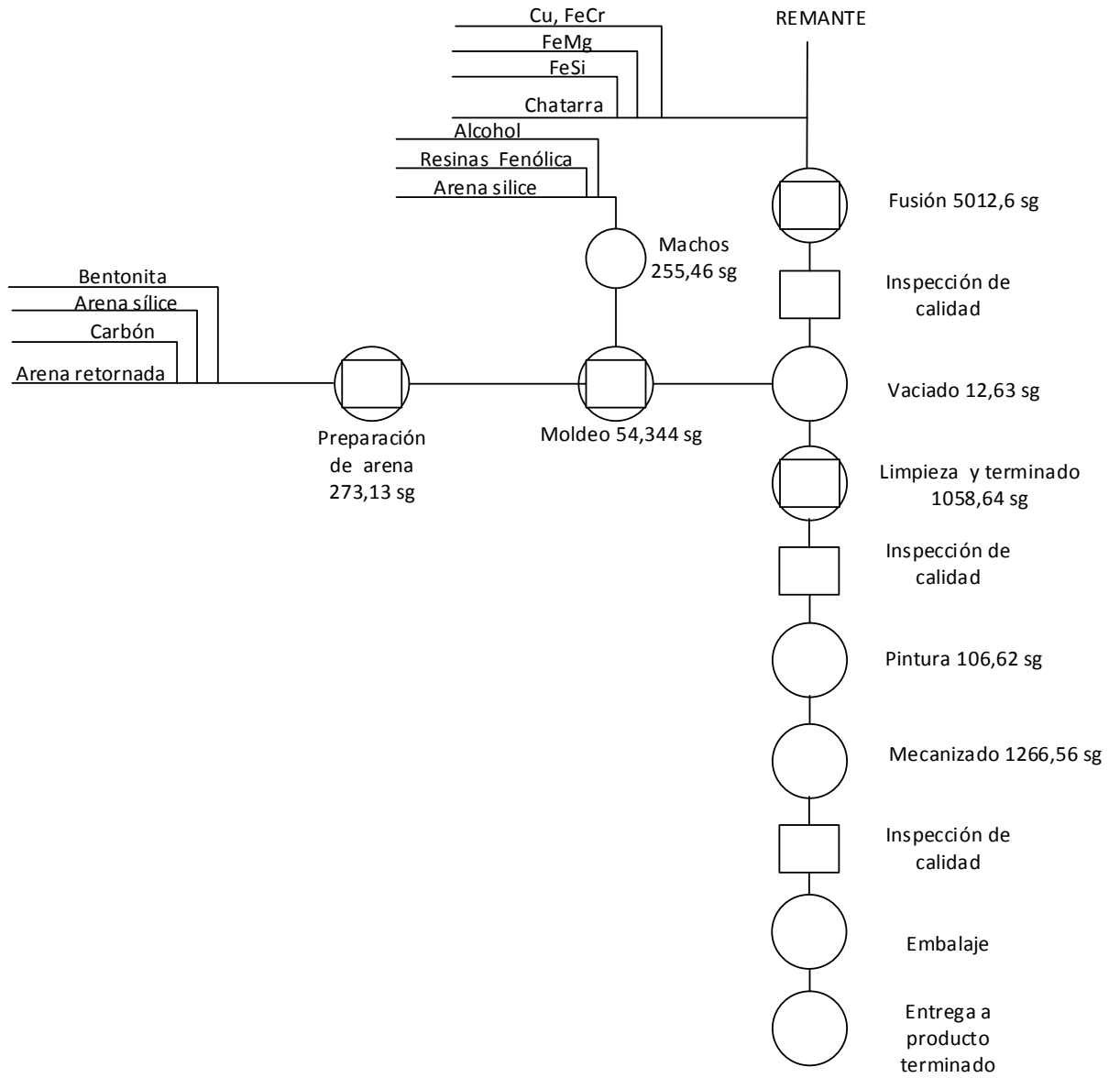


KUBOTA 35

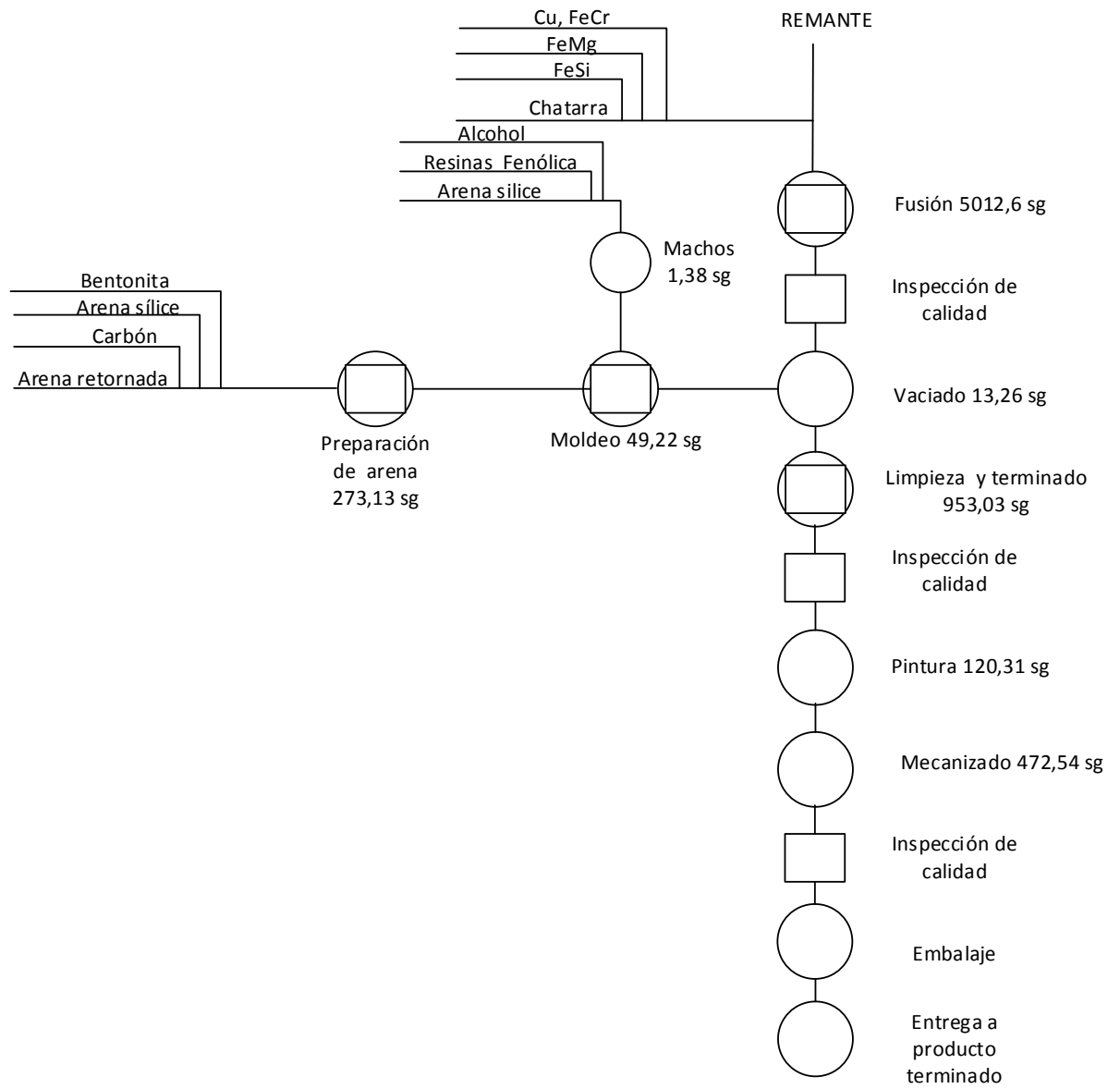




KUBOTA 36



# KUBOTA 37



## 6. CONCLUSIONES

- De las siete referencias de Kubota que se fabrican en la empresa la que tienen un mayor tiempo de flujo son las Kubota 31 que se convierten en 41/42 en el proceso de mecanizado.
- En el desarrollo del trabajo se evidencia que el proceso de fusión tiene el mayor tiempo de proceso seguido por el proceso de limpieza en todas las referencias de Kubota.
- Los diagramas de operaciones permiten tener un mejor panorama del comportamiento del flujo de producción y una caracterización del mismo.
- Por medio de las actividades en el layout se permite identificar los desplazamientos que realizan los operarios en su respectivo proceso y los puntos en los que realizan cada una de ellas.
- La observación directa permitió identificar la oportunidad de mejora en la parte de limpieza y desmatachado.
- La descripción va a usarse para crear un manual de operaciones que facilite la capacitación de personal en sus procesos y como apoyo a las herramientas de calidad de trabajo estandarizado.
- La empresa procede a evaluar el contenido del PPAP con el cliente con la información levantada en la ejecución de este trabajo.

## **7. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS**

Figura 1. Clasificación de las láminas de grafito según su forma tamaño y distribución

Figura 2. Microestructura de un hierro gris

Tabla 1. Clasificación de la fundición según la norma ASTM A48-41

Figura 3. Microestructura de fundición maleable ferrítica

Figura 4. Microestructura de la fundición blanca

Tabla 2. Efectos de los aleantes

Figura 5. Comparación de microestructura nodular con atruchada

Tabla 3. Clasificación de la fundición nodular según sus constituyentes

Tabla 4. Clasificación de la fundición nodular según sus propiedades mecánicas según ASTM-536

Figura 6. Esquema del proceso de fundición

Figura 7. Multitrituradora continua de arena de fundición

## 8. BIBLIOGRAFIA

- COSTE, H, Cours elementaire de fonderie. Syndicat general des fondeurs de France. Vol 1 Paris.
- Kotzin L, Ezra. Metalcasting and molding process. Des plaines AFS 1981.
- INFANTE, Miguel y otros La fundición en Colombia, Conciencias de Bogotá 1979.
- METALS HANDBOOK, Casting. 9 ed. Metals Park, A.S.M, 1988. V. 15
- Fundiciones Departamento de ingeniería Mecánica F.I.U.B.A, Ing. Guillermo Castro 2009
- Atlas Internacional de Defectos de Fundición, American Foundrymen's Society** , Comité Internacional de la Asociación Técnica de Fundición. 2004.
- Facultad católica de química e ingeniería, "Fray Rogelio Bacon", Fundición nodular 2008.
- Ibañez J, Silcretas, Tecnología Paleolítica, Pirotecnología y Evolución de la Conciencia Humana, Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/09/01/124048>, 2009.
- Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), Madrid, Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC), 2009.
- Diaz M, libro de corrosión, Caracas Venezuela, 2010
- Navas, E y otros, Fusión en la metalurgia, Sangolqui, 2015
- Kunugi, S.L.U, Minerales del mundo, recuperado de <http://mineralesdelmundo.com/malaquita/> , 2016
- Denos J, Materiales aglutinantes, Bogota, 2011.
- PPAP de KUBOTA MANUFACTURING OF AMERICA.