



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ**

Erick David Fuentes y Fuentes

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ERICK DAVID FUENTES Y FUENTES

ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 6 de agosto de 2015.

Erick David Fuentes y Fuentes

Guatemala, 30 de mayo de 2016

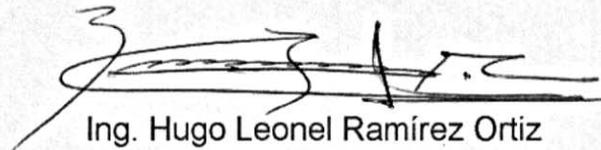
Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación: **MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ**, del estudiante Erick David Fuentes y Fuentes; previo a optar al título de Ingeniero Mecánico.

Al respecto quiero indicarle que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

atentamente,



Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
Colegiado No. 5545
Asesor

Ing. Hugo Ramírez
COL. No. 5545



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.189.2016

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ**, desarrollado por el estudiante **Erick David Fuentes y Fuentes, carné 2011-13941**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio 2016



USAC
TRICENTENARIA

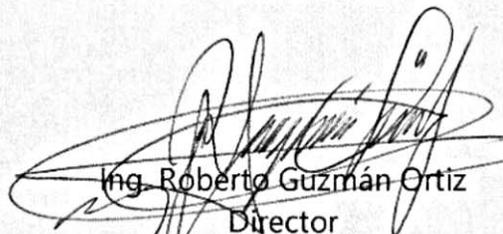
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.273.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J.A. RAMÍREZ** del estudiante **Erick David Fuentes y Fuentes**, carné No. **201113941** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, octubre de 2016

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

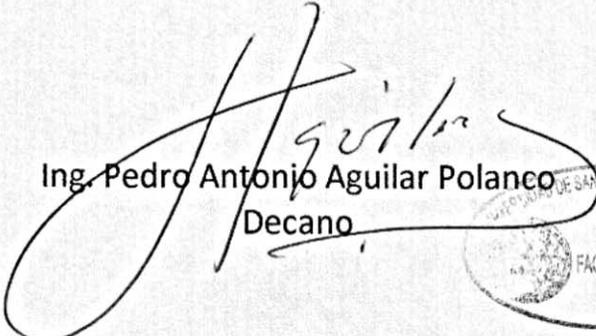


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 475 .2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE CUBILOTE DE TALLERES J. A. RAMÍREZ**, presentado por la estudiante universitaria: **Erick Fernando Fuentes y Fuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el dador de vida y brindarme la fuerza necesaria para superar todos los obstáculos.
Mis padres	René Fuentes e Ingrid Fuentes de Fuentes, por su incondicional amor y ser una fuente de motivación.
Mis hermanos	Kevin y Astrid Fuentes, por ser un ejemplo a seguir.
Mis abuelos	Rolando y Gregorio Fuentes, Paulina Gómez de Fuentes, Carmelitana Paz, por sus sabios consejos.
Mis familiares	Por siempre brindarme la ayuda requerida.
Mis amigos y compañeros de estudio	Por hacer de este periodo una experiencia inolvidable

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y brindarme las herramientas para cumplir mi propósito.
Facultad de Ingeniería	Por velar siempre por el bienestar estudiantil.
Mis amigos de la Facultad	Por compartir conocimientos y brindarme ayuda en los momentos que la requerí.
Ing. Hugo Ramírez	Por su asesoría y apoyo en mi trabajo de graduación, y por ser un catedrático ejemplar.
Mis familiares	Por siempre brindarme la ayuda requerida.
Talleres de Fundición J. A. Ramírez	Por abrirme las puertas de tan prestigiosa empresa y permitirme realizar mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES DE TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Ubicación de Talleres de Fundición J. A. Ramírez	1
1.3. Visión.....	2
1.4. Misión	2
1.5. Proceso de producción	2
1.6. Planteamiento y solución del problema	3
2. HORNO DE FUNDICIÓN	5
2.1. Definición.....	5
2.2. Clasificación de hornos usados para fundición.....	6
2.3. Tipos de hornos usados en fundición	7
2.3.1. Horno de cubilote.....	7
2.3.1.1. Definición.....	7
2.3.1.2. Principales elementos del horno	8
2.3.1.2.1. Cimentaciones.....	9
2.3.1.2.2. Coraza	11
2.3.1.2.3. Base	12

	2.3.1.2.4.	Caja de viento	12
	2.3.1.2.5.	Toberas	13
	2.3.1.2.6.	Puerta de carga.....	13
	2.3.1.2.7.	Canal de la escoria	13
	2.3.1.2.8.	Chimenea.....	14
	2.3.1.3.	Descripción del funcionamiento del horno	15
2.3.2.		Horno de reverbero	17
2.3.3.		Horno de crisol	17
2.3.4.		Horno eléctrico	18
2.3.5.		Convertidores	23
3.		FUNDICIÓN DE HIERRO	25
3.1.		Introducción a la fundición.....	25
3.2.		Procesos de fundición	25
3.3.		Tipos de fundición	27
	3.3.1.	Modelo removible	27
	3.3.2.	Modelo disponible	28
3.4.		Principales factores en la fundición.....	28
	3.4.1.	Procedimiento de moldeo.....	28
		3.4.1.1. Tipos de molde.....	28
		3.4.1.2. Procedimiento de moldeo con modelo removible	30
		3.4.1.3. Procedimiento de moldeo con modelo desechable	31
	3.4.2.	Modelo.....	33
		3.4.2.1. Tipos de modelo removibles.....	33
		3.4.2.2. Modelo desechables	34
	3.4.3.	Arena.....	35

	3.4.3.1.	Tipos de arena.....	35
	3.4.3.2.	Propiedades de la arena de moldeo	36
	3.4.4.	Corazones	36
4.		MANTENIMIENTO	39
4.1.		Definición de mantenimiento	39
4.2.		Tipos de mantenimiento	39
	4.2.1.	Mantenimiento correctivo.....	39
	4.2.2.	Mantenimiento preventivo.....	40
	4.2.3.	Mantenimiento predictivo	44
4.3.		Principales factores en las actividades de mantenimiento.....	45
4.4.		Impacto del mantenimiento en la producción	47
4.5.		Análisis previo de riesgos	48
5.		MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO	51
5.1.		Descripción del manual de mantenimiento	51
5.2.		Administración del mantenimiento	52
	5.2.1.	Jerarquización de equipos.....	52
	5.2.2.	Responsabilidad del personal.....	53
	5.2.3.	Proceso desarrollo de actividades	54
5.3.		Rutinas de mantenimiento	55
	5.3.1.	Métodos operativos de trabajo.....	55
		5.3.1.1. Mantenimiento preventivo caja de viento	55
		5.3.1.2. Mantenimiento preventivo del elevador.....	58
		5.3.1.3. Mantenimiento preventivo del motor diésel	61

	5.3.1.4.	Mantenimiento preventivo del polipasto	63
	5.3.1.5.	Mantenimiento preventivo del horno	66
	5.3.1.6.	Mantenimiento preventivo de crisoles y utillaje	70
	5.3.2.	Formatos de inspección	73
	5.3.2.1.	Inspección del horno antes de fundición	73
	5.3.2.2.	Inspección del horno al concluir fundición	76
	5.3.3.	Órdenes de trabajo (OT)	77
5.4.		Programa de mantenimiento	78
	5.4.1.	Clasificación de actividades según frecuencia	79
	5.4.1.1.	Actividades con frecuencias definidas	79
	5.4.1.2.	Actividades con frecuencias especiales	79
	5.4.2.	Definición de frecuencia de actividades	80
	5.4.3.	Programación de actividades de mantenimiento	81
5.5.		Control de mantenimiento	84
	5.5.1.	Indicadores de mantenimiento	84
	5.5.1.1.	Disponibilidad	84
	5.5.1.2.	Indicadores para evaluar la eficacia de las rutinas	85
	5.5.1.3.	Control de indicadores	86
	5.5.2.	Historial de mantenimiento	89
	5.5.3.	Reprogramación de mantenimiento	89
5.6.		Stock de repuestos.....	91

CONCLUSIONES 93
RECOMENDACIONES 95
BIBLIOGRAFÍA 97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista seccional del cubilote	8
2.	Esquema de cimentaciones 1	9
3.	Esquema de cimentaciones 2	10
4.	Cubilote común	15
5.	Horno estacionario de crisol, calentado por gas	18
6.	Horno Heroult de arco eléctrico.....	20
7.	Horno giratorio de arco indirecto	20
8.	Horno de inducción de alta frecuencia	22
9.	Horno de inducción de baja frecuencia	22
10.	Convertidor Bessemer.....	23
11.	Carga de cubilote en fundición.....	27
12.	Corazones típicos.....	38
13.	Relación de tiempo y costo de un equipo desde su adquisición	46
14.	Jerarquización de equipos	52
15.	Desarrollo de actividades de mantenimiento.....	54
16.	Mantenimiento preventivo de la caja de viento	56
17.	Mantenimiento preventivo del elevador.....	58
18.	Mantenimiento preventivo del motor diésel	61
19.	Mantenimiento preventivo del polipasto	63
20.	Mantenimiento preventivo del horno	67
21.	Mantenimiento preventivo de crisoles y utillaje	70
22.	Orden de trabajo	77
23.	Ejemplo de orden de trabajo completa.....	78

24.	Primer semestre del programa anual de mantenimiento	82
25.	Segundo semestre del programa anual de mantenimiento.....	83

TABLAS

I.	Medidas de distintas cimentaciones	11
II.	Inspección horno antes de fundición.....	74
III.	Inspección horno al concluir fundición	76
IV.	Frecuencia de actividades de mantenimiento	81
V.	Control de indicadores	87
VI.	<i>Stock</i> de repuestos	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de carbono
Lb	Libra
m	Metro
mm	Milímetro
%	Por ciento
''	Pulgada
V	Voltio

GLOSARIO

Adyacente	Adjetivo que indica que algún objeto se encuentra en las cercanías o próximo a otro objeto o cosa.
Aglomerante	Material utilizado con el fin de unir dos cuerpos de una o varias sustancias y darles cohesión, los cambios que se sufren son únicamente del tipo físico.
Aglutinante	Sustancia mayormente utilizada para la adhesión de colorantes.
Ahusamiento	Conducto que se elabora con una forma preestablecida.
Alcayata	Herramienta de metal que se usa cuando se requiere sujetar o colgar algún objeto.
Apisonar	Apretar o comprimir la arena.
Arcilla	Roca sedimentaria de carbonato de calcio, la cual al ser mezclada con barro adquiere propiedades refractarias.
Arena en verde	Arena húmeda empleada para la elaboración de moldes.

Arista	Borde de un objeto, este borde comúnmente es agudo o recortado.
Bentonita	Tipo de arcilla que tiene como característica principal la fineza de su grano, además contiene bases y hierro.
Caliza	Material utilizado como fundente, ayuda a eliminar la ganga, en forma de escoria, producida después de la fundición.
Carburo de calcio	Sustancia que se utiliza en la fundición de metales para reducir el contenido de azufre en el horno.
Circundante	Cualidad de un objeto de rodear o estar rodeando a algún otro objeto o cosa.
Clavija de colado	Pieza delgada de metal con cabeza y punta que se utiliza para sujetar o unir dos cuerpos.
Combustión	Acción de algún objeto o cosa de arder o quemarse.
Coque	Carbón mineral que es utilizado como combustible debido a su alto poder calorífico y a su alta composición de carbono.
Coraza	Cubierta o envoltura rígida que protege total o parcialmente el cuerpo del horno.

Crisol	Recipiente recubierto de material refractario que sirve para verter el producto de la fundición a temperaturas muy altas.
Distorsión	Deformación de un objeto, sonido, señal, entre otros.
Emplastecer	Hacer uniforme una superficie, con el fin de poder realizar un trabajo sobre ella.
Escoria	Subproducto de la fundición de materiales.
Espira	Cada una de las vueltas de una espiral o de una hélice.
Espolvorear	Esparcir una sustancia en polvo sobre algún objeto o cosa.
Estanqueidad	Cualidad de que tiene un objeto de crear un sistema cerrado e incomunicado con sus alrededores.
Fusión	Cambio del estado sólido al líquido, debido a la aplicación de calor al sistema.
GLP	Gas licuado del petróleo.
Insuflar	Introducir, soplando o mediante inyección, un gas o una sustancia pulverizada dentro de alguna cavidad.

Lingote	Barra de metal fundido.
<i>Masking tape</i>	Cinta de enmascarar.
Mica	Mineral que se utiliza como aislador eléctrico.
OT	Orden de trabajo
Parachispas	Pantalla metálica que se utiliza para proteger al horno a la chimenea de las chispas o llamas originadas en el horno.
Piñón	Rueda más pequeña de un mecanismo de cremallera.
Radiación	Emisión de radiaciones térmicas.
Rayos gamma	Radiación electromagnética muy penetrante que se produce durante la desintegración de los núcleos de elementos radiactivos.
Rayos X	Radiación electromagnética que atraviesa cuerpos opacos a la luz ordinaria, con mayor o menor facilidad, según sea la materia de que estos están formados, produciendo detrás de ellos y en superficies convenientemente preparadas, imágenes o impresiones.
Rebosadero	Orificio por donde sale la escoria cuando el horno alcanza el nivel en donde se ha establecido la salida.

Refacción	Pieza o repuesto de algún equipo.
SAE	Society of Automotive Engineers. Sociedad de Ingenieros Automotrices.
Sosa	Carbonato de sodio.
<i>Stock</i>	Conjunto de productos o bienes que se tienen almacenados en espera de su utilización.
Terraja	Barra de acero que se utiliza para labrar las roscas de los tornillos.
Tobera	Abertura tubular en un horno, por donde entra el aire que alimenta la combustión.
Torón	Cordón de los que está formado el cable de los polipastos.
<i>Trolley</i>	Equipo utilizado para transportar objetos pesados, a través de un riel.
<i>Winch</i>	Es un dispositivo mecánico que sirve para arrastrar, levantar o desplazar objetos pesados.

RESUMEN

El horno de cubilote es empleado para la fundición de metales ferrosos, a través de la generación de calor provocada por la combustión de coque. El horno de cubilote es la unidad de fusión más utilizada para la fundición de hierro, puesto que es un equipo no complejo cuya capacidad de fundición varía de 5 a 10 toneladas.

El mantenimiento preventivo es aquel que busca preservar el servicio que presta un equipo, manteniendo las interrupciones y gastos al menor nivel posible. Para cumplir este objeto, un programa de mantenimiento debe contener rutinas e inspecciones que permitan identificar, solucionar y generar alternativas para reducir el número de fallas en los equipos. Los resultados del programa tienen que ser medibles, por lo que se establecen índices, frecuencias, y se deben estar revisando continuamente para eliminar los problemas que puedan suscitarse o no se hayan considerado.

La información de este trabajo de graduación busca brindar al personal de mantenimiento de Talleres de Fundición J. A. Ramírez una herramienta y guía para realizar las actividades correspondientes al programa de mantenimiento preventivo del horno de cubilote. Además, ofrece herramientas para la gestión del mantenimiento, puesto que establece procesos a seguir, encargados y responsables del cumplimiento de los procesos, parámetros de medición de resultados, cronogramas de actividades, rutinas e inspecciones propias de los equipos instalados en el taller.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de distribución utilizando transformadores de tensión para servicios auxiliares como alternativa para proyectos energéticos de abastecimiento a comunidades de zonas rurales aisladas de Guatemala.

Específicos

1. Estudiar los antecedentes de la empresa para entender el proceso y los ideales bajo los que se rige la empresa.
2. Definir qué es un horno de cubilote, enfatizando el tipo de horno y los equipos que se encuentran en la empresa.
3. Proporcionar una base teórica sobre el proceso de fundición de hierro para entender el proceso de producción, con el fin de crear un programa de mantenimiento compatible.
4. Detallar el significado y propósito del mantenimiento preventivo, identificando los lineamientos con los que se rige el manual de mantenimiento.
5. Crear un manual guía para el Departamento de Mantenimiento de la empresa, en el cual se describen los procesos, rutinas e inspecciones a desarrollar en el horno de cubilote.

INTRODUCCIÓN

Un adecuado programa de mantenimiento preventivo permite a la empresa garantizar el servicio que el equipo, máquina o instalación presta. Al mismo tiempo, busca aumentar el tiempo de vida útil de los mismos y reducir los costos en los que incurre el equipo, sin sacrificar la calidad del servicio. Es por eso que se elaborará un manual de mantenimiento del horno de cubilote de la empresa J. A. Ramírez.

El presente trabajo de graduación se realiza para cambiar el tipo de mantenimiento que Talleres de Fundición J. A. Ramírez ha practicado por casi treinta años, pasar de mantenimiento correctivo a mantenimiento preventivo. Esta necesidad surge ante el requerimiento del mercado de tener procesos más estandarizados, un tiempo menor de espera y una reducción de precios.

Para cumplir con el objetivo del presente trabajo se parte con la descripción del horno de fundición, las variantes que existen, los usos, y se enfatiza en el horno de cubilote. Se define el proceso de fundición, haciendo referencia a los equipos que intervienen en el mismo, siendo esto la base para empezar a elaborar el manual. Se establece qué es mantenimiento, su objetivo, los tipos que existen y se profundiza en el mantenimiento preventivo, puesto que es el tipo de mantenimiento que se seguirá en la empresa.

El manual de mantenimiento se desarrolla con base en entrevistas a los empleados, referencias de equipos similares y procedimientos sugeridos. En dicho manual se establece un modelo de mantenimiento preventivo, siendo el objetivo del manual servir de guía para crear un programa de mantenimiento

para todos los equipos de la empresa, y no el de solventar todos los problemas que pudieran surgir en los equipos estudiados.

1. ANTECEDENTES DE TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ

1.1. Antecedentes

Talleres de Fundición J. A. Ramírez es una empresa dedicada a la fundición y fabricación de piezas de maquinaria agrícola e industrial, con experiencia de más de treinta y nueve años. Talleres de Fundición J. A. Ramírez fue fundado el veintitrés de abril de mil novecientos setenta y cinco, desde su fundación, el objetivo de la empresa ha sido utilizar el hierro reciclado como materia prima, aunque también cuenta con el equipo para realizar fundiciones de bronce, fundiciones de aluminio, servicio de torno, servicio de cepillo y servicio de fresadora. A través del proceso de fundición y producción de piezas, la empresa contribuye al crecimiento del sector industrial guatemalteco.

Talleres de Fundición J. A. Ramírez cuenta con un horno de fundición tipo cubilote con capacidad de 2 500 libras, un horno tipo crisol para fundiciones de aluminio, un taller dedicado a la fabricación y creación de modelos en madera, un área de preparación de arena para moldeo, un área de compactación y moldeo, y una bodega de materia prima e insumos.

1.2. Ubicación de Talleres de Fundición J. A. Ramírez

Talleres de Fundición J. A. Ramírez se encuentra ubicado en la 2da. calle B 7-14, colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, Guatemala.

1.3. Visión

“Satisfacer los requerimientos de la industria, al proporcionar la fundición de piezas en hierro gris, bronce y aluminio, con calidad, asesoría y experiencia, además proporcionar una opción de venta a aquellas empresas que deseen satisfacer la demanda local de Molinos de Nixtamal, Afiladoras de Discos, y todo lo relacionado a estas máquinas”.¹

1.4. Misión

“Ser la empresa que siga proporcionando productos de alta calidad, e innovando cada día, para satisfacer a cada uno de nuestros clientes”.²

1.5. Proceso de producción

El cliente se presenta a Talleres de Fundición J. A. Ramírez con la pieza que desea que se le fabrique, partiendo de esta pieza se construye un modelo en madera, este modelo servirá posteriormente para el procedimiento de moldeo. Para el moldeo se utiliza arena sílica, previamente cernida, la cual es mezclada con bentonita (arcilla) y agua, luego se inicia con el proceso de moldeo. Teniendo el molde completo, se procede a retirar el modelo. Debido a la naturaleza ininterrumpida del proceso, Talleres de Fundición J. A. Ramírez ha establecido los rangos de capacidad de cada corrida, un mínimo de 17 000 y un máximo 23 000 libras de piezas limpias, con una adición de 5 000 libras si se utiliza la carga mínima y de 7 000 libras si se utiliza la carga máxima, este margen de adición de material es el margen de pérdida de material en el momento de la fundición.

¹ Talleres JAR. <http://www.talleresjar.com/quienes.html>. Consulta: agosto de 2015.

² *Ibíd.*

El proceso de entrega tiene dos variantes, piezas en bruto y piezas con acabado superficial. Cuando las piezas son pedidas en bruto, no es necesario ningún trabajo adicional, estarán listas para la entrega después de retirarlas de los moldes y eliminar los conductos que sirvieron como vertederos y salidas de aire. Por otro lado, cuando se solicitan piezas con acabados y medidas exactas, Talleres de Fundición J. A. Ramírez ha optado por tercerizar el acabado superficial de las piezas, por lo que ha establecido un convenio con la empresa Talleres Aroche, que ofrece los servicios de torneado, fresado, taladrado, cepillado, pulido, entre otros. Entonces, las piezas, después de la fundición, son desmoldadas, limpiadas y trasladadas hacia las instalaciones de Talleres Aroche. Las piezas son devueltas a Talleres de Fundición J. A. Ramírez cumpliendo con las medidas y especificaciones solicitadas por el cliente, listas para su entrega.

1.6. Planteamiento y solución del problema

Para Talleres de Fundición J. A. Ramírez, debido al alto costo que tiene el proceso de fundición de hierro, existe la necesidad de fijar un programa de mantenimiento preventivo que garantice la intervención de los equipos en el tiempo oportuno. Se requiere que este programa establezca procedimientos claros y de fácil interpretación, para que el personal pueda seguir las indicaciones en cada una de sus actividades. Todo esto debe enfocarse a la necesidad de la mejora continua como empresa, además de la reducción de costos en los que se incurre por mantenimiento mal aplicado o por la falta del mismo. Se tendrá como resultado un impacto que no solo abarca las tareas de mantenimiento, sino también al Departamento de Producción y de Recursos Humanos.

Al crear un manual en el que se describan las actividades a realizar, los períodos en las que se realizarán, los recursos que se necesitarán y los criterios para evaluar el estado de los equipos en el horno de fundición Talleres de Fundición J. A. Ramírez puede lograr un programa de mantenimiento preventivo más eficiente, puesto que se tendrán valores, períodos y criterios contra los cuales comparar los resultados obtenidos. También se obtendrá una mejor programación de las actividades, resultando en un menor impacto en tareas de producción.

2. HORNO DE FUNDICIÓN

2.1. Definición

Un horno de fundición se usa para fundir metales y aleaciones a través de una generación de calor, alcanzado una temperatura establecida y característica de cada metal a fundir, ocasionando un cambio de estado sólido a líquido en el metal o aleación. Algunos de ellos permiten una producción a alta temperatura en una escala industrial. Los hornos de fundición existen en diferentes variantes, algunos, como los hornos de crisol, tienen la capacidad de pocos kilogramos de metal y otros, como los de hogar abierto, son capaces de fundir toneladas de metal.

La selección de un horno se hace dependiendo de los requerimientos y propósitos del mismo, entre los factores que influyen en la selección se encuentran:

- Velocidad de fundición: influye la necesidad de fundir algún metal o aleación y alcanzar la temperatura de vaciado en un período corto.
- Pureza de la carga: se refiere la precisión de composición que se requiere en una fundición.
- Capacidad: poder de producción para sostener el nivel que es requerido.
- Costo de operación: depende de las actividades que se realicen, los metales con punto de fusión elevados son más caros de fundir, ya que

además de ser más difícil y costoso obtener altas temperaturas, el aislamiento deber ser más efectivo para reducir la cantidad de calor que se irradia al ambiente. Otro factor a considerar es el desgaste del recubrimiento refractario del horno, puesto que será mayor a altas temperaturas, de tal manera que las actividades de mantenimiento verán incrementados sus costos.

2.2. Clasificación de hornos usados para fundición

La clasificación de los hornos de fundición se hace principalmente por el grado de contacto que tiene el combustible, o los productos de combustión, y el metal o aleación a fundir. Se han clasificado a los hornos en los siguientes grupos:

- Contacto directo: en este grupo de hornos la carga se encuentra en contacto directo con el combustible. En este tipo de hornos se obtiene una alta eficiencia térmica debido a la transferencia directa del calor del combustible a la carga. De este grupo, el más utilizado es el horno de cubilote, en el cual los lingotes de hierro se cargan junto al coque.
- Contacto indirecto: la característica principal de este grupo de hornos es que la carga, aunque se aísla del combustible, tiene contacto con los productos de la combustión. La eficiencia del combustible en este tipo de horno es menor al grupo anterior debido a que existe una mayor pérdida de calor en lo productos de combustión salientes. En este grupo, el tipo de horno más importante es el horno de reverbero.
- Carga aislada: a diferencia del grupo anterior, en este grupo de hornos la carga no tiene contacto ni con la carga ni con los productos de la

combustión. La desventaja principal de este tipo de hornos radica en que tanto la eficiencia del combustible como el rendimiento son bajos, por lo cual son utilizados mayormente cuando se requiere fundir pequeñas cantidades de un metal o aleación. Este grupo es representado mayormente por los hornos que utilizan un crisol.

- Hornos eléctricos: este grupo se caracteriza por utilizar electricidad en lugar de combustible, existen del tipo de arco y de inducción. Estos hornos ofrecen una carga con mayor pureza y una velocidad de producción mayor debido a la facilidad que tienen de alcanzar una alta temperatura. Su desventaja es el alto costo de producción.

2.3. Tipos de hornos usados en fundición

Se describirán los tipos de hornos usados en fundición a continuación.

2.3.1. Horno de cubilote

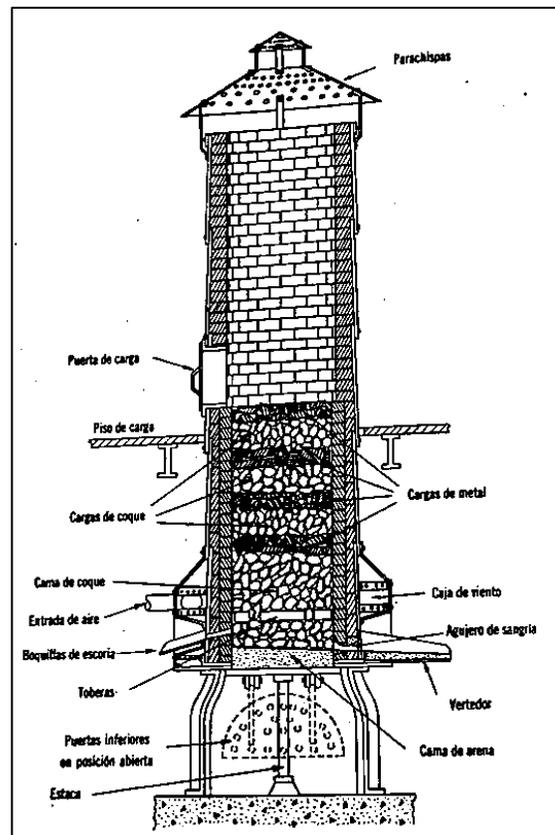
A continuación se detallará el horno de cubilote.

2.3.1.1. Definición

El cubilote es la unidad de fusión normal en la fundición de hierro, se usa solamente para fundir y tiene lugar en él muy poco cambio en la composición de la carga durante el proceso. En forma esencial, consiste en un tubo vertical de acero revestido con ladrillo refractario o material refractario adosado, todo ello montado sobre una placa de base soportada por cuatro columnas de acero. Los hornos de cubilote se hacen en muchos tamaños, por lo común de 1 a 2 m de diámetro exterior y de 9 a más de 12 m de altura. Estos tamaños pueden

producir de 5 a 10 toneladas métricas de metal fundido por hora. Por la parte superior del horno se encuentra una compuerta de carga, en la cual son introducidos los lingotes de hierro, así como carbón coque, fundente y elementos de aleación. Cerca del fondo tiene orificios y canales para sacar el metal fundido y la escoria.

Figura 1. Vista seccional del cubilote



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 20.

2.3.1.2. Principales elementos del horno

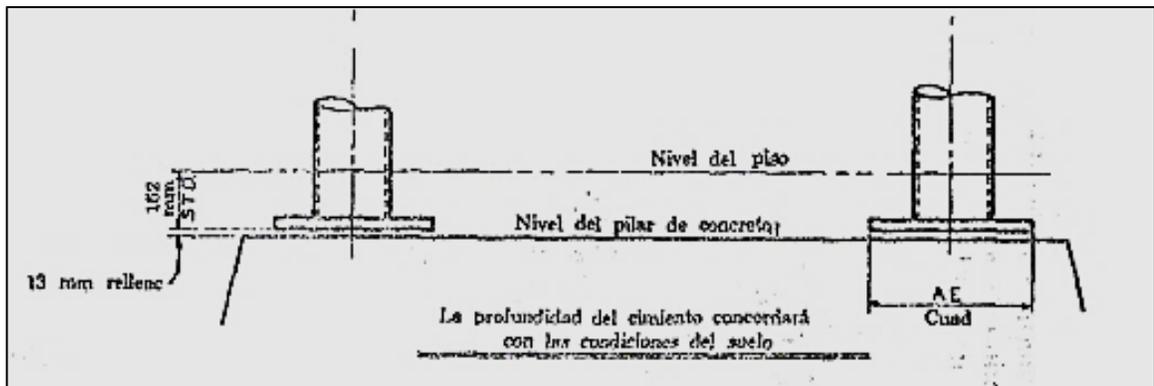
Los principales elementos del horno se describen a continuación.

2.3.1.2.1. Cimentaciones

“Deberá construirse una cimentación conveniente para el cubilote y el peso de la carga, la zapata o la profundidad dependerán de las condiciones del suelo. La parte superior de la cimentación deberá quedar unos 15 cm abajo del nivel del piso de la fundición, de manera que se pueda llenar con arena u otro material aislante del calor, para protección de la zapata de concreto”.³

En las figuras 2 y 3 se muestra un esquema para cimentaciones, y en la tabla I se muestran las medidas para distintas cimentaciones.

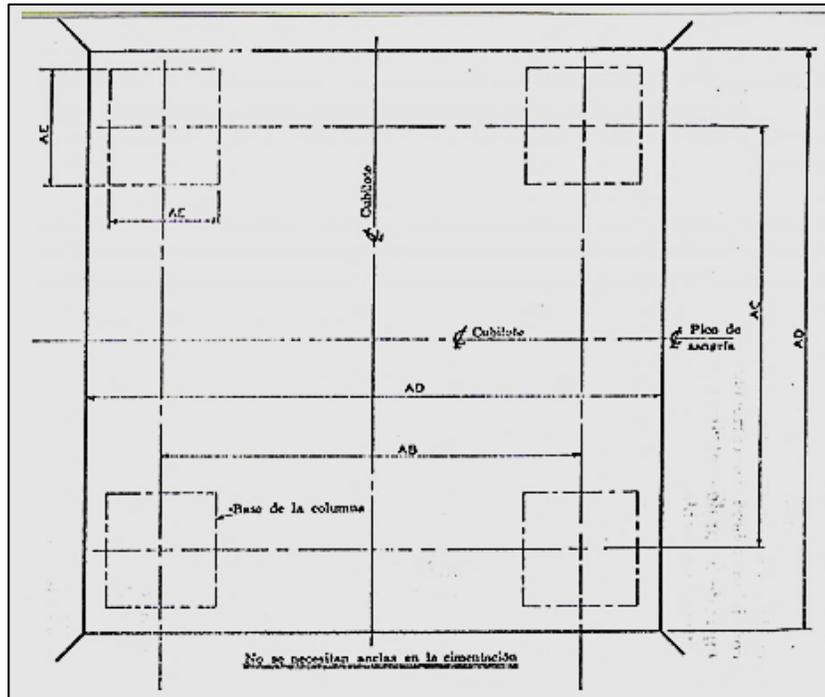
Figura 2. Esquema de cimentaciones 1



Fuente: GOLÓN VALENZUELA, Mynor Giovanni. *Diseño de un recuperador de calor para el horno de cubilote del Taller de Fundición J. A. Ramírez.* p. 19.

³ GOLÓN VALENZUELA, Mynor Geovanni. *Diseño de un recuperador de calor para el horno tipo cubilote del taller de fundición, J. A. Ramírez.* p. 19.

Figura 3. Esquema de cimentaciones 2



Fuente: GOLÓN VALENZUELA, Mynor Giovanni. *Diseño de un recuperador de calor para el horno de cubilote del Taller de Fundición J. A. Ramírez.* p. 18.

Tabla I. **Medidas de distintas cimentaciones**

Tamaño del cubilote	Diámetro coraza	AB	AC	AD	AE	Peso por metro	Peso total
1	813	914	908	1372	305	395	10000
2	914	914	952	1473	406	505	12250
2 ½	1041	1041	1067	1626	406	590	16800
3	1168	1168	1194	1753	406	650	19550
3 ½	1295	1295	1270	1880	406	710	22250
4	1422	1422	1321	2032	457	780	25900
5	1600	1549	1549	2159	457	1430	35000
6	1676	1651	1539	2261	483	1515	38600
7	1829	1778	1778	2438	483	1650	43500
8	1981	1981	1924	2642	508	1795	50000
9	2134	2134	2102	2794	508	1905	55300
9 ½	2286	2286	2203	2946	508	2065	61600
10	2438	2438	2356	3099	508	2120	64800
11	2591	2591	2591	3251	508	2270	95200
12	2743	2743	2743	3658	610	2460	10500

Fuente: GOLÓN VALENZUELA, Mynor Giovannie. *Diseño de un recuperador de calor para el horno de cubilote del Taller de Fundición J. A. Ramírez.* p. 19.

Los pesos de los cubilotes están basados en una media, la media de altura es de 13,72 m. Por cada metro adicional de chimenea superior se debe añadir el peso por metro que indica la tabla. Los valores proporcionados en la tabla I están basados en niveles de carga, por lo que son los valores recomendados y espesores de revestimientos normales.

2.3.1.2.2. Coraza

También llamada cascarón de acero, es la encargada de soportar el revestimiento del ladrillo refractario, toberas, caja de viento, campana en el tejado y supresor de chispas; con la disposición necesaria para introducirle una

corriente de aire cerca del fondo. Fundamentalmente, es una caja de acero que suele ser de chapa de aproximadamente 3 o 4 mm de espesor, se construye de material rolado en forma de secciones cilíndricas, en la unión de sus extremos estas pueden ser remachadas, atornilladas. En su interior, en la coraza, a intervalos regularmente espaciados, están atornillados unos segmentos en forma de repisa, para soportar el revestimiento. En los hornos más grandes se emplean chapas de hasta 12 mm de espesor.

2.3.1.2.3. Base

Todo el cubilote descansa sobre una placa circular que es soportada arriba del piso, generalmente con columnas metálicas, normalmente vienen de 4 patas o sus múltiplos para que las puertas abisagradas puedan caer libremente. Cuando el horno se encuentra en operación, las puertas se giran hasta una posición horizontal y se mantienen en esa posición con la ayuda de una estaca vertical.

2.3.1.2.4. Caja de viento

La caja de viento es la parte del cubilote a la que llega el aire, el cual es suministrado por un ventilador centrífugo de desplazamiento positivo, este aire es repartido en el espacio anular para penetrar en el horno, pasando por las toberas. Opuestas a cada tobera se encuentran unas pequeñas ventanas cubiertas con mica, de tal forma que puedan inspeccionarse las condiciones dentro del cubilote. Normalmente se encuentran situadas de 60 a 150 cm sobre la base.

2.3.1.2.5. Toberas

Son las aberturas para introducir el aire a la cama de coque. Las toberas se encuentran ubicadas interiormente alrededor de la coraza metálica, conducen el aire al interior del cubilote, deben ser lo suficientemente grandes para suministrar la cantidad necesaria de aire a la cama de coque, las dimensiones de las toberas dependen del tamaño del horno y su distribución se hace a distancias muy precisas unas de otras, para obtener la distribución del aire tan uniforme como sea posible. Las toberas pueden tener un área transversal redonda, cuadrada, o rectangular, también deben tener una inclinación hacia el interior del horno de 7 a 15 grados para provocar que el aire se difunda uniformemente. Por lo general, se suele tener solo una serie de toberas en una circunferencia de la pared.

2.3.1.2.6. Puerta de carga

Está localizada en la parte media de la cubierta vertical y la parte superior del cubilote queda abierta, a excepción de una pantalla de metal o para chispas. Por medio de esta puerta se introducen los materiales que componen la carga, fundición, coque y fundente. Al volumen formado desde el fondo del cubilote a la primera fila de toberas se le denomina crisol.

2.3.1.2.7. Canal de la escoria

También llamado agujero de sangrar, es por el cual fluye el hierro fundido hasta el caldero de colada, por lo cual su revestimiento es de un material refractario. La altura del orificio de sangrado está entre 10 a 30 cm respecto a la placa base y deberá tener la forma de un cono truncado, con el diámetro mayor

hacia el exterior del cubilote, para facilitar la introducción y remoción de los tapones durante la operación de sangrado.

El canal de escoria debe estar situado a igual distancia de las dos toberas adyacentes para evitar que el viento que entra por estas enfríe demasiado la escoria e impida que evacúe libremente por el agujero destinado a ella. El canal de escoria debe estar localizado ligeramente arriba del nivel de hierro, es decir, la altura aproximada que alcanza el metal fundido dentro del crisol.

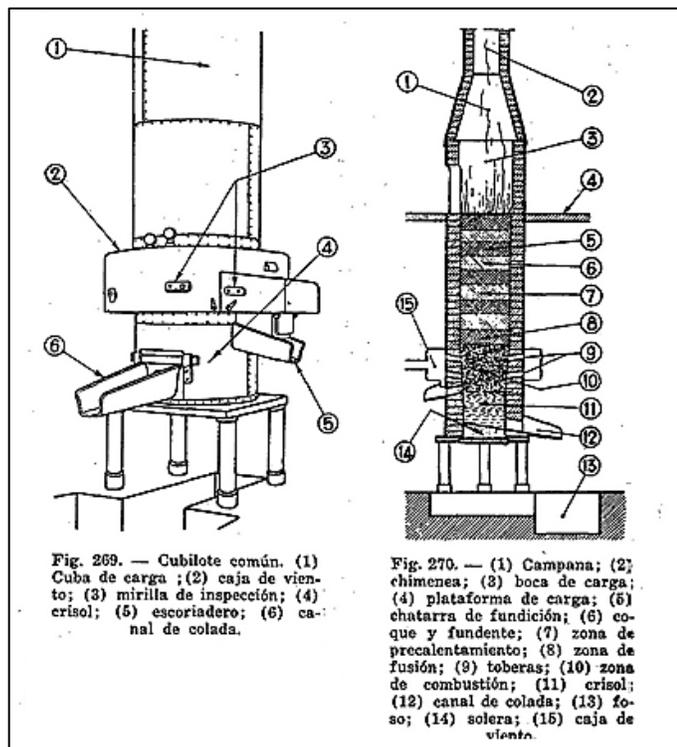
Estos orificios están localizados generalmente a 180 grados uno de otro, aunque la distancia entre ellos puede ser sobre la circunferencia de la coraza, a cualquier distancia conveniente y práctica. El diámetro de los agujeros varía del 1 al 2 % del diámetro interior del cubilote.

2.3.1.2.8. Chimenea

Debido a los riesgos que conllevan la alta temperatura de los gases producto de la combustión, la chimenea debe sobrepasar la altura de los edificios y mantener una distancia que elimine una posibilidad de incendio. En los hornos es común observar que las chimeneas están provistas de un parachispas, el cual no elimina el problema de la acumulación de ceniza en la chimenea.

La producción normal o velocidad de fusión del cubilote depende del diámetro interno al nivel de toberas. En el horno, el problema es más de quemar el coque que de fundir el metal, por ello se debe tomar en consideración que durante la primera hora de colada la producción es más baja, porque el horno no está todavía suficientemente caliente, mientras que al final de coladas largas se obtienen producciones mayores.

Figura 4. **Cubilote común**



Fuente: PEZZANO, Pascual A. *Siderurgia*. p. 23.

2.3.1.3. Descripción del funcionamiento del horno

Se introduce aire forzado al cubilote por medio de toberas situadas a una altura de unos 90 cm sobre la puerta de fondo, que se conectan al ventilador de aire, el cual está compuesto por una caja de aire que circunda al horno. El número de toberas dependerá del tamaño del horno y, en general, se tiene una tobera por cada 15 cm de diámetro interno a la altura de las toberas.

Antes de cargar el cubilote, se construye una cama de arena de unos 15 cm de grueso en el fondo removible, dándole una pendiente hacia la salida

del metal. Además, se deja un orificio (escoriadero) a unos 15 cm abajo de las toberas, para la remoción de la escoria a intervalos adecuados durante la fusión. Se coloca una plataforma y una puerta de carga a una altura que varía entre 3,60 y 4,50 m arriba de las toberas y por esta se carga el coque, los lingotes de hierro y la caliza.

Cabe mencionar que existen cubilotes insuflados con aire frío y cubilotes insuflados con aire caliente. En estos últimos, el aire de entrada se precalienta en un recuperador de calor, aprovechando la energía contenida en los gases calientes del cubilote. El recuperador puede ser una unidad externa o puede consistir de tubos verticales construidos en el propio cubilote.

Debido a que el horno de cubilote es del tipo de contacto directo, la eficiencia térmica de este tipo de horno será alta, puesto que, además de la directa transferencia de calor del combustible a la carga, las pérdidas de calor serán pequeñas, ayudado esto por el hecho de que mayormente los hornos de cubilote se utilizan en procesos continuos. Los hornos que trabajan intermitentemente, fundiendo pequeñas cargas de metal, disipan cantidades considerables de calor por la superficie refractaria del recubrimiento durante el intervalo que transcurre entre una carga y otra.

La principal desventaja del horno de cubilote es que la carga, al estar en contacto directo con el combustible y los productos de la combustión, puede absorber cantidades considerables de impurezas (particularmente azufre). Otro punto negativo a resaltar es que las condiciones químicas en el cubilote no pueden controlarse, puesto que la presencia de carbón en la forma de coque asegurará una atmósfera que es fuertemente reductora y, en consecuencia, adecuada para fundir solamente un número limitado de aleaciones.

2.3.2. Horno de reverbero

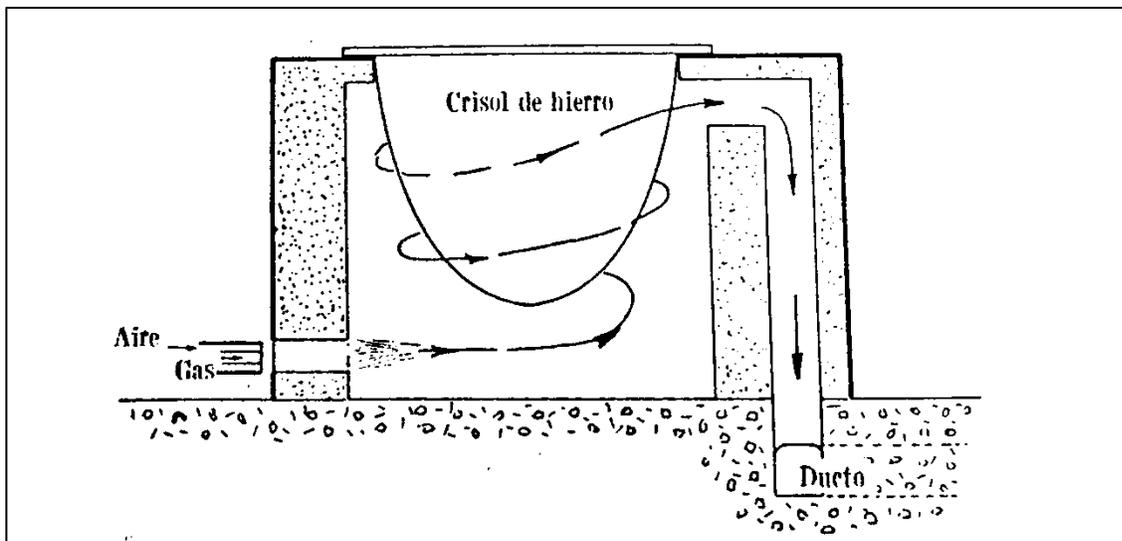
Este tipo de horno es usado mayormente para la producción de vaciados de hierro maleable y hierro gris de alta calidad. La carga se hace por el techo del horno, quitando secciones llamadas tapas. La principal ventaja de este tipo de horno resulta en la posibilidad de llevar un estricto control, puesto que el metal se puede probar a intervalos. Además, el metal no está en contacto con el combustible como en el horno de cubilote y el análisis, principalmente del contenido de carbón, se puede mantener dentro de límites muy bajos. Por otro lado, la principal desventaja y razón de su poco uso consiste en el alto costo de operación, puesto que los costos, inicial y de operación, de este horno son mayores que los del cubilote, el horno de reverbero no tiene gran aplicación excepto la mencionada anteriormente. La capacidad de estos hornos varía de 5 a 50 toneladas por corrida.

2.3.3. Horno de crisol

Los hornos de crisol de gas o petróleo se usan extensamente para fundir metales no ferrosos como bronce, latón y aleaciones de zinc y aluminio. Las capacidades de los hornos por lo general están limitadas a varios cientos de libras. Estos hornos funden el metal sin que tenga contacto directo con una mezcla combustible. Por esta razón, también son clasificados como hornos de combustible indirecto. En la industrial se conocen tres tipos de crisoles: móvil, estacionario y de volteo. Como principal característica de estos hornos se tiene el uso de un contenedor o crisol hecho de material refractario, mayormente una mezcla de arcilla y grafito, o una aleación de acero de alta temperatura para contener la carga. En el crisol móvil, el contenedor es colocado en un horno y se calienta lo suficiente para sobrepasar la temperatura de fusión de la carga de metal. Cuando el metal se derrite, el crisol se eleva fuera del horno y se usa

como cuenco de vertido. Los otros dos tipos se caracterizan porque tienen el horno para calentar y el contenedor como unidad integrada. En el horno de crisol inmóvil, el horno es estacionario y el metal fundido se extrae del contenedor con un cucharón. En el horno de crisol de volteo, todo el conjunto se inclina para hacer el vertido.

Figura 5. **Horno estacionario de crisol, calentado por gas**



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 24.

2.3.4. **Horno eléctrico**

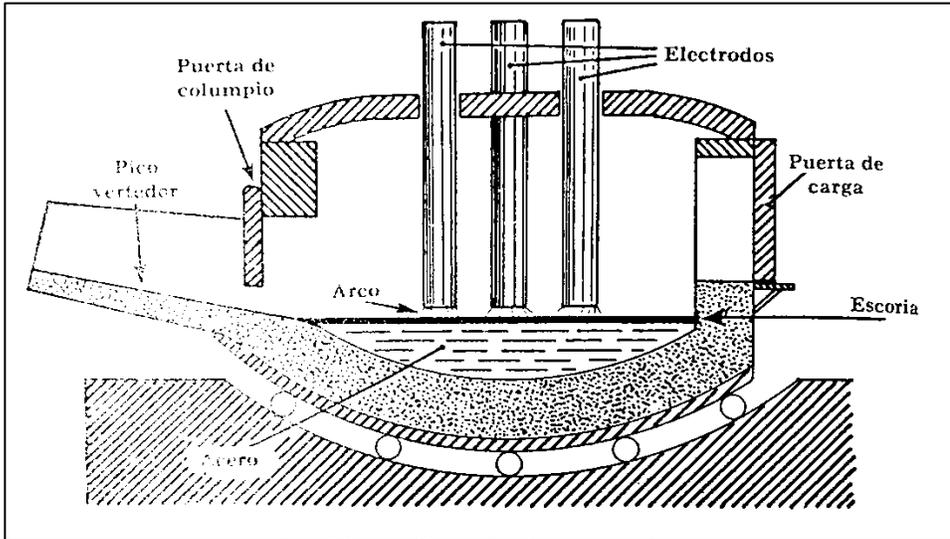
Este tipo de horno se usa mayormente para la manufactura de aceros de aleación y para aceros de herramienta de alto grado. Los hornos eléctricos pueden ser de arco o de inducción, siendo sus características las siguientes:

- Hornos de arco

Principalmente son utilizados para producir aceros de aleación y aceros al carbono de alta calidad. En este tipo de hornos se forma un arco entre los electrodos de grafito sobre la misma carga, estos se disponen en números de 3 o 4 y se conectan en serie. Los electrodos se encuentran montados en el techo de la cámara del horno, para que el techo pueda moverse libremente cuando se carga el horno, este se encuentra sobre unos rieles. También se tiene una puerta para carga en el lado del horno opuesto al vertedor. El equipo eléctrico apropiado consiste esencialmente de un transformador de bajada, que reduce la tensión de la alimentación a la requerida. La tensión aplicada al sistema de electrodos puede variarse y, generalmente, es de más de 100 V al principio de la fusión, reduciéndose a unos 40 V cuando la fusión está completa.

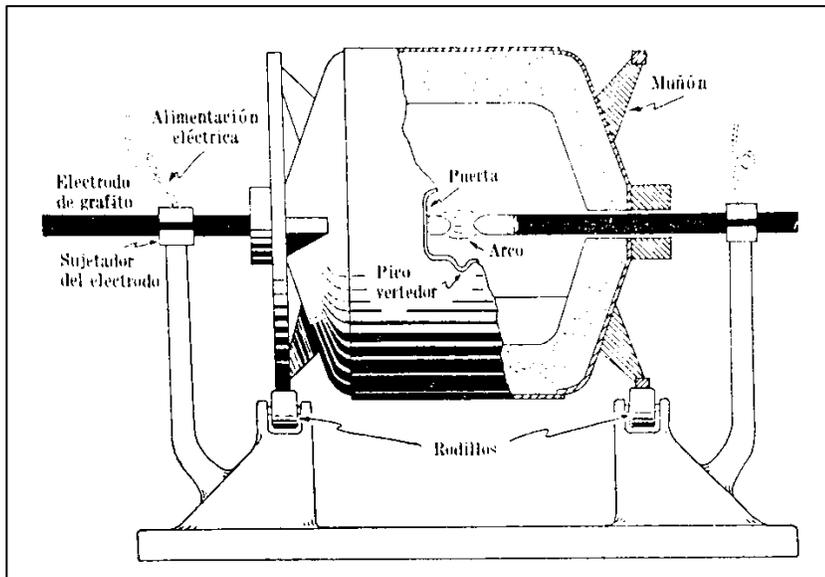
Aunque existe otra variante en este tipo de hornos, el horno de arco indirecto, que se diferencia debido a que el arco eléctrico se forma entre los electrodos, es decir que la carga no interviene, ocurriendo una transferencia de calor por radiación. En este tipo de hornos se produce aceros de aleación, latones y bronces.

Figura 6. Horno Heroult de arco eléctrico



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 28.

Figura 7. Horno giratorio de arco indirecto



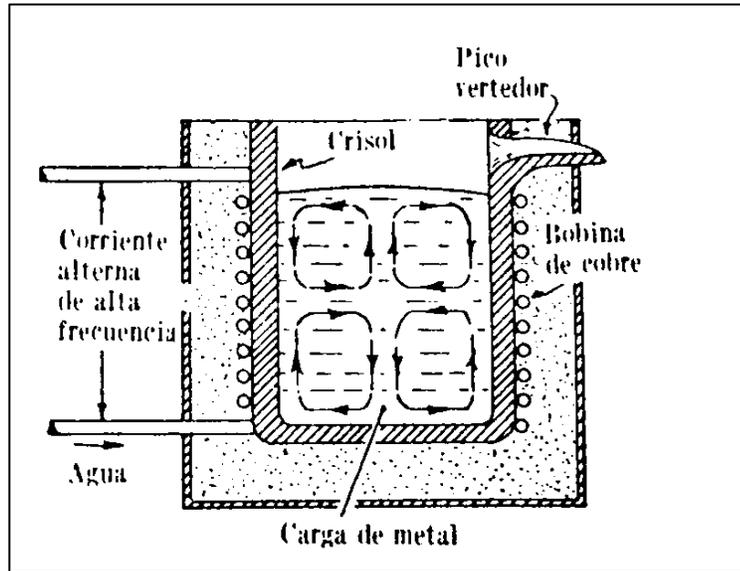
Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 29

- Hornos de inducción

Estos hornos son usados principalmente para fundir aceros de aleaciones especiales y metales nobles, debido a que su método de trabajo permite una fundición limpia, es decir que la carga no se contamina por algún agente externo. Otra ventaja de estos hornos radica en su alta eficiencia térmica, ya que es en la carga donde se genera el calor.

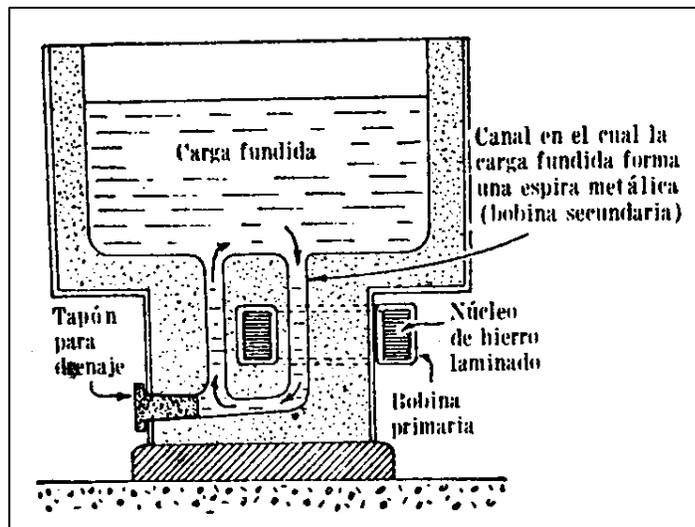
Los hornos de inducción pueden ser de alta o baja frecuencia. El primero de ellos es del tipo crisol, el cual está rodeado por una bobina de cobre que conduce una corriente alterna a una alta frecuencia. Esta corriente provoca la formación de corrientes parásitas en el interior de la carga, lo que conduce a un incremento de temperatura. Los hornos de inducción a baja frecuencia trabajan según los principios de un transformador. Consta de dos bobinas, la bobina primaria es de cobre y la secundaria es solo una espira de la carga fundida. Debido a la alta relación que tiene el transformador, la bobina secundaria llevará una corriente elevada a un voltaje bajo, por lo que se generará un incremento de temperatura.

Figura 8. **Horno de inducción de alta frecuencia**



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 30

Figura 9. **Horno de inducción de baja frecuencia**

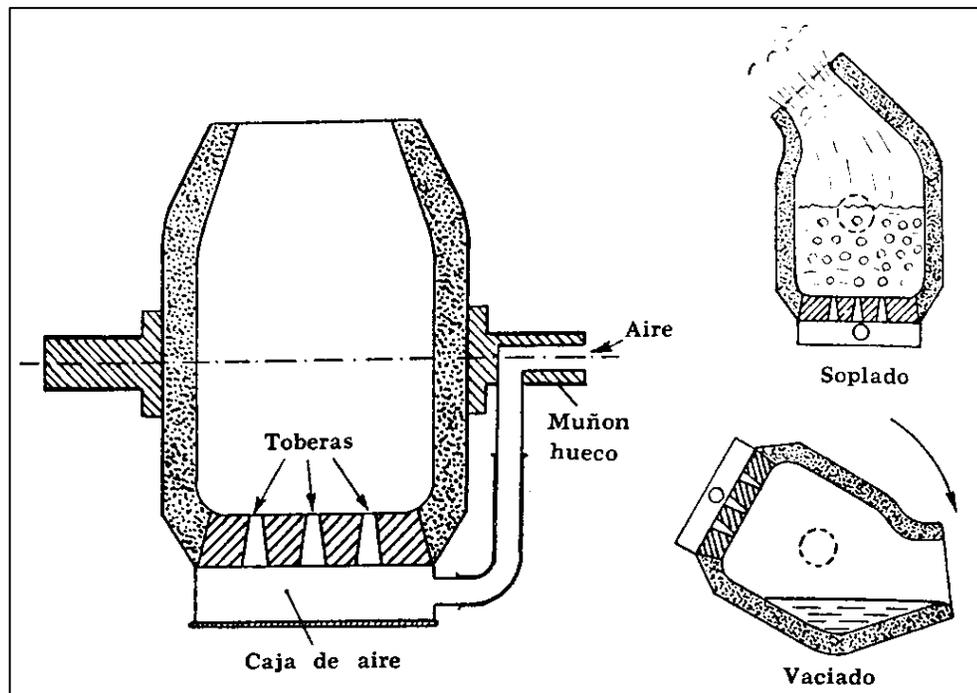


Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 30

2.3.5. Convertidores

Estos se utilizan mayormente en la producción de acero para manufactura de vaciados. El convertidor más utilizado es el convertidor Bessemer, el cual consiste de un recipiente de acero revestido con el refractario apropiado. Tiene la característica de que puede ser girado tanto de forma vertical como forma horizontal, con el fin de facilitar el vaciado. Este tipo de convertidor se calienta primeramente con la combustión de gas, luego el convertidor se carga. Cuando el metal ha sido agregado, es conectada una caja de viento o soplador y se gira lentamente el convertidor a la posición vertical, de manera que el aire se descargue a través del contenido fundido.

Figura 10. Convertidor Bessemer



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 42.

3. FUNDICIÓN DE HIERRO

3.1. Introducción a la fundición

El procedimiento para la obtención de hierro colado consiste, básicamente, en hacer los moldes, preparar y fundir el metal, vaciar el metal en el molde, limpiar las piezas fundidas y recuperar la arena para volver a usarla. El producto de la fundición varía desde valores menores a un kilogramo hasta varias toneladas; también puede variar en su composición, ya que prácticamente todos los metales y aleaciones se pueden fundir.

3.2. Procesos de fundición

En la fundición de hierro, el horno más empleado es el horno de cubilote, debido a su eficiencia y lo conveniente que resulta para este proceso. La carga metálica en el horno de cubilote consiste de lingotes de hierro, pedacería de fundiciones anteriores y pedacería de hierro fundido comprado. El coque es el combustible utilizado en este proceso, este debe ser de una variedad dura y densa, con un máximo de 1 % de azufre e inferior a 10 % el contenido de cenizas. Antes de que inicie la fundición, se debe formar una cama de coque en la parte inferior del horno, la cama debe ser lo suficientemente profunda, alrededor de 90 cm sobre la tobera, para evitar la formación de monóxido o bióxido de carbono que podrían oxidar parte del hierro.

Una vez fundida la primera carga del metal, la altura de la cama de coque se verá reducida, por lo que se agregan capas alternadas de la carga metálica de coque para permitir una producción continua, ayudando esto al rendimiento

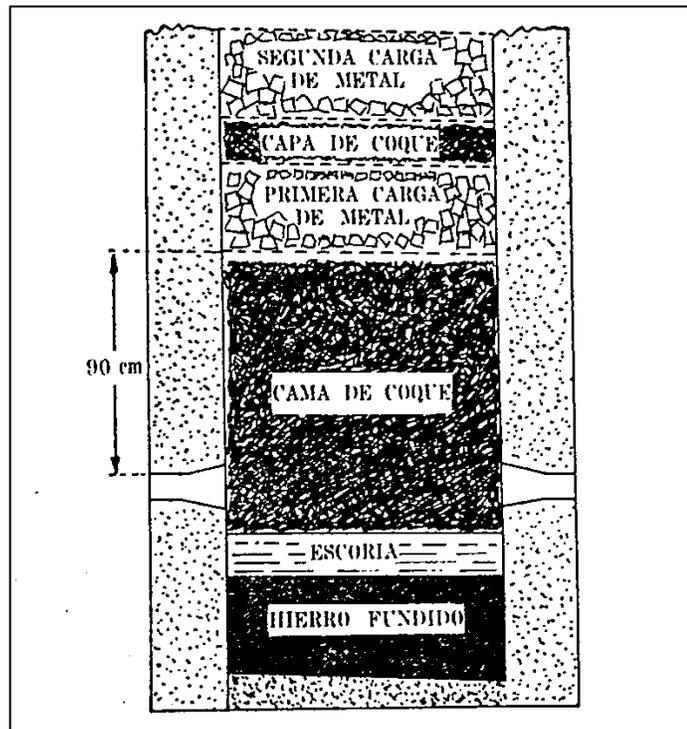
del horno y a la economía del proceso, debido al consumo de combustible. Las cantidades de cada una deben controlarse con previsión para un funcionamiento eficiente, en cubilotes medianos y grandes la relación suele ser de 8 a 1.

La caliza es el fundente que se emplea mayormente, el fundente se combina con la ceniza formada al quemarse el coque, óxido, escamas de pedacería y algún otro material extraño, para formar una escoria fluida que se pueda extraer del cubilote en intervalos convenientes. La caliza que se requiere usualmente está en el orden del 3 % del peso de la carga metálica.

Algunas de las variaciones más comunes del proceso resultan en utilizar feldespatos con caliza, debido al bajo punto de fusión del feldespatos que ayuda a producir una escoria más fluida. También se suele utilizar sosa en polvo para reducir el contenido de azufre que absorbe el hierro. Otra variación del proceso es inyectar intermitentemente carburo de calcio pulverizado en el cubilote por medio de las toberas, con el fin de reducir el contenido de azufre.

En este tipo de procesos, los moldes donde se vierte el producto de fundición pueden ser elaborados de metal, yeso, cerámica u otra sustancia refrigerante. El material que se utiliza mayormente es la arena.

Figura 11. Carga de cubilote en fundición



Fuente: HIGGINGS, Raymond A. *Ingeniería metalúrgica*. p. 35.

3.3. Tipos de fundición

En lo referente a la fundición de hierro colado existen dos métodos por los cuales se puede producir, estos métodos se clasifican en función del tipo de modelo a utilizar, los cuales son modelo removible y modelo disponible.

3.3.1. Modelo removible

En este método la arena comprimida se ubica alrededor del modelo, el cual se extrae posteriormente de la arena. La cavidad que se origina al remover el modelo se alimentará con metal fundido para crear la pieza de fundición.

3.3.2. Modelo disponible

Estos modelos son fabricados en poliestireno, a diferencia del método anterior este no se remueve, el poliestireno se vaporiza cuando el metal fundido es vertido en el molde.

3.4. Principales factores en la fundición

Los principales factores en la fundición son los siguientes.

3.4.1. Procedimiento de moldeo

El procedimiento de moldeo se presenta a continuación.

3.4.1.1. Tipos de molde

La clasificación de los moldes parte de los materiales que son utilizados para su elaboración, entre los más utilizados están:

- Moldes de arena en verde: esta variante de moldeo es la más utilizada. Consiste en la formación del molde con arena húmeda.
- Moldes con capa seca: existen dos variantes en este tipo de preparación, en la primera variante la arena alrededor del modelo es mezclada con un compuesto para poder secar la arena y obtener una superficie dura en el molde. El resto del molde está hecho con arena en verde. La segunda variante utiliza arena en verde en todo el molde para luego cubrir la superficie con un rociador, el rociador contiene aceite de linaza, agua de melaza, almidón gelatinizado, entre otros, para que al momento

de aplicar calor la arena se endurezca. Sin importar la variante, el molde debe secarse.

- Moldes con arena seca: en este método el material del rociador, descrito en el tipo de molde anterior, es mezclado con la totalidad de la arena. Los moldes deben ser cocidos antes de su utilización.
- Moldes de arcilla: se construye un molde con ladrillo, luego se emplastece con una capa de mortero de arcilla. Para obtener la forma del molde se utiliza una herramienta de moldeo llamada terraja. Por último, se deja que el molde se seque completamente.
- Moldes furánicos: utilizados sobre todo con modelos desechables. En este tipo, la arena a utilizar resulta de una mezcla de arena seca con ácido fosfórico, este último actúa como acelerador. Posteriormente, se agrega la resina furánica y se mezcla hasta tener una distribución uniforme. El moldeo debe hacerse rápido, puesto que el material de arena empieza a endurecerse casi de inmediato al aire.
- Moldes de dióxido de carbono: En este tipo de molde la arena se mezcla con silicato de sodio. Una vez listo, el molde es alimentado con dióxido de carbono para que la arena mezclada se endurezca.
- Moldes de metal: utilizados para la fundición de aleaciones de bajo punto de fusión, tienen la ventaja de que la pieza terminada necesita poco trabajo de maquinado debido a que se obtienen superficies finas y formas muy exactas.

- Moldes especiales: son utilizados para aplicaciones particulares, entre los materiales que se utilizan están el plástico, cemento, yeso, papel, madera y hule.

3.4.1.2. Procedimiento de moldeo con modelo removible

El molde en este tipo de procedimiento consta de dos o tres partes. Si es de dos partes, la parte superior se denominada tapa y la parte inferior base. Si la caja está formada por tres partes, a la del centro se le llama parte central. Las partes del molde mantienen su posición con la ayuda de unos pernos que son colocados a los lados de la base que encajan con unos agujeros a los lados de la tapa.

Para iniciar con la preparación del modelo se coloca el tablero de moldear, sobre el cual se colocará el modelo y la base del molde, la base tendrá los pernos dirigidos hacia abajo. Luego se vierte lentamente la arena sobre el modelo hasta cubrirlo en su totalidad; la arena en torno al modelo deberá compactarse con los dedos, se termina de llenar la base. Se procede a apisonar la base de forma cuidadosa, debido a que si se hace muy fuerte no permitirá que escape el vapor y el gas cuando se vierta el metal fundido, y si se hace muy suave al moverlo no mantendrá su posición. Para asegurar la evacuación de los gases cuando se vierte el metal, se hacen pequeños agujeros a través de la arena, no llegando estos a alcanzar al modelo.

Antes de voltear la base se esparce arena sobre el mueble y se le coloca otro tablero de moldeo. Entonces, la caja inferior o base se voltea y se retira la tabla de moldeo. La superficie de la arena es alisada y se cubre con arena sílice, para evitar que la arena de la base se pegue con la de la tapa.

Luego, se coloca la tapa sobre la base, los pernos de la base deberán encajar en la tapa y así mantener la posición correcta en ambas partes. Se coloca la clavija de colado a una distancia aproximada de 25 mm de un lado del modelo, esto servirá como conducto por donde entrará el metal fundido. Las operaciones posteriores se harán de igual manera que con la base.

Teniendo el modelo completo, se procede a retirar el molde. Para esto se inicia retirando la clavija de colado, luego la mitad de la caja correspondiente a la tapa es levantada con mucho cuidado y se coloca a un lado. Se hace un breve humedecimiento de la arena que bordea el modelo, se procede a aflojar el modelo con la ayuda de una alcayata, para luego extraer el modelo levantándolo con la alcayata.

Se hace un pequeño conducto en la base, que conecta el orificio que dejó la clavija de colado y la cavidad del molde. Se espolvorea polvo de sílice y grafito y se procede a unir las dos partes del molde con mucho cuidado.

3.4.1.3. Procedimiento de moldeo con modelo desechable

La característica principal del moldeo con modelos desechables resulta en que el modelo, usualmente de una pieza, es colocado en el tablero y la base de la caja se moldea en la forma convencional. Al igual que en el procedimiento con modelo removible, se agregan unos agujeros para ventilación y la base se voltea completamente para el moldeo de la tapa. En este proceso se utiliza mayormente arena húmeda.

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 otro caso, 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 incluyen la alimentación y el sistema de colados, los cuales se encuentran a la izquierda del molde.

Al momento de verter el metal fundido en el molde, se deberá hacerlo rápidamente para evitar la combustión del poliestireno. El poliestireno se vaporiza y el metal llena el resto de la cavidad. Se procede a dejar enfriar el molde, la pieza fundida es removida del molde y limpiada. En cambio, los gases, debido a la vaporización del material, son manejados hacia afuera a través de la arena permeable y los agujeros de ventilación. Una variante del proceso que suele ser de mucha ayuda consiste en un recubrimiento refractario que se aplica al modelo para asegurar un mejor acabado superficial para la fundición, como beneficio adicional le agrega resistencia al modelo. Importante resulta el hecho de que los pesos para oprimir el molde sean parejos en todos los lados para combatir la alta presión relativa en el interior del molde.

Este procedimiento ofrece algunas ventajas sobre el moldeo con modelo removible, entre las cuales están:

- El proceso requiere menos tiempo.
- No se consideran tolerancias para la extracción del modelo, por lo que se requiere una menor cantidad de metal fundido.
- Se obtiene un mejor acabado superficial, una superficie razonablemente lisa.
- No se requiere de modelos complejos de madera con partes sueltas.
- No se utilizan corazones en los modelos.

- El proceso de moldeo resulta más fácil.

Entre las desventajas que se puede encontrar figuran las siguientes:

- Se pierde el modelo por cada fundición.
- La manipulación de los modelos requiere mayor cuidado.
- Debido a la delicadeza del modelo no se puede utilizar equipo mecánico para el moldeo.
- No se puede revisar oportunamente el acabado de la cavidad.

3.4.2. Modelo

Los tipos de modelos se presentan a continuación.

3.4.2.1. Tipos de modelo removibles

La mayoría de estos tipos de modelo son elaborados con madera, debido a su bajo precio y a su fácil elaboración. Cuando se tratan de niveles altos de producción, la madera es remplazada por el metal, debido a su capacidad de resistir el uso intenso. Los modelos de metal no cambian de forma cuando se les somete a condiciones húmedas, además, requieren poco mantenimiento. Entre los metales más utilizados para la elaboración de estos modelos se encuentran el latón, hierro blanco, hierro fundido y aluminio. Los plásticos se están utilizando cada vez más debido a que son modelos que no presentan problemas relacionados con la humedad, son fuertes, mantienen sus dimensiones y su producción es económica.

Debido a la naturaleza del proceso, los moldes deben ser construidos tomando en cuenta ciertas tolerancias, las cuales son:

- **Contracción:** se debe tener en cuenta que el metal al ser enfriado se contraerá, por lo que se deberá contrarrestar siguiendo la regla de contracción. Esta regla indica que, en promedio, se debe trabajar con 1,04 % de la longitud en el hierro fundido.
- **Extracción:** esta tolerancia se toma para reducir la tendencia al desmoronamiento de las aristas del molde en contacto con el modelo.
- **Acabado:** toda superficie que va a ser acabada a máquina está indicada por una marca de acabado. Esta marca indica donde se debe proveer metal adicional para efectuar el maquinado.
- **Distorsión:** se aplica en las piezas que tienen una forma irregular, para evitar que se distorsionen al momento de la fundición.
- **Golpeteo:** debido a los movimientos que el molde puede sufrir, que causan que la cavidad del molde aumente, se debe considerar una tolerancia de golpeteo.

3.4.2.2. Modelo desechables

Los modelos desechables se vaporizan al verter el metal fundido, por lo que se construyen para estar en el molde. Es por eso que son construidos de una sola pieza, la cual contiene canales, alimentadores y rebosaderos. Todos los modelos desechables están hechos de poliestireno. El modelo, canales, alimentadores y rebosaderos empiezan a moldearse en la base de la caja y el bebedero es moldeado en la tapa de la caja.

Para mejorar el acabado superficial de la pieza, el molde se rocía con una mezcla de agua y zircón. La cara de la arena donde se coloca el modelo puede

ser de arena en verde, arena con depósitos de silicato de sodio, arena aglutinada y, en algunos casos, arena sin depósitos o simplemente seca.

Debido a que este modelo no es extraído, solo se consideran tolerancias para la contracción, acabado y distorsión.

3.4.3. Arena

A continuación se detalla todo sobre la arena.

3.4.3.1. Tipos de arena

La arena que se utiliza mayormente es la arena sílica. Este tipo de arena es propicia para el moldeo debido a su resistencia a altas temperaturas sin deformarse. La arena sílica tiene un bajo costo, una gran duración y se consigue en diferentes tamaños de grano. Las desventajas que presenta este tipo de arena son la tendencia que tiene a fusionarse con el metal, debido a su alta expansión al ser sometida a altas temperaturas, y el contenido de polvo fino, que representa un riesgo para la salud.

La arena sílica no ofrece propiedades aglomerantes, por lo que es necesario que se añada algún otro material. La arcilla es la más utilizada para brindar las propiedades aglomerantes.

Existen arenas de moldeo naturales, las cuales se mezclan con arcilla, esta mezcla solo requiere adición de agua para obtener una arena conveniente para moldeo. Tienen la desventaja de que a altas temperaturas la materia orgánica de la que están formadas impide que sean lo suficientemente refractarias.

Otra variedad de arena son las arenas de moldeo sintéticas, compuestas de arena de sílice lavada y arcilla. Se utilizan por su menor contenido de humedad, lo que repercute en un menor consumo de gas para desarrollar la resistencia requerida.

3.4.3.2. Propiedades de la arena de moldeo

La arena con la calidad esencial para la fundición debe reunir ciertas propiedades, siendo las principales:

- **Permeabilidad:** propiedad que facilita el escape de gases y vapores formados en el molde. Esta propiedad depende de la porosidad de la arena.
- **Resistencia:** propiedad que mide la fuerza de cohesión de la arena. El grado de cohesión depende del contenido de agua y arcilla.
- **Refractariedad:** capacidad para resistir altas temperaturas sin fundirse.
- **Tamaño y forma de grano:** afecta la calidad del acabado superficial.

3.4.4. Corazones

Un corazón es cualquier proyección de arena dentro del molde, el cual es empleado cuando una pieza de fundición debe tener una cavidad. Los corazones se pueden formar por el mismo molde o ser introducidos en el molde después de retirar el modelo.

Existen dos clases de corazones, los corazones de arena verde, los cuales se forman por el mismo modelo y los corazones de arena seca, estos se forman separadamente para ser insertados después de retirar el modelo del molde. Los corazones de arena seca se hacen de arena de río, esta es mezclada con aglutinante y horneada para obtener la resistencia requerida.

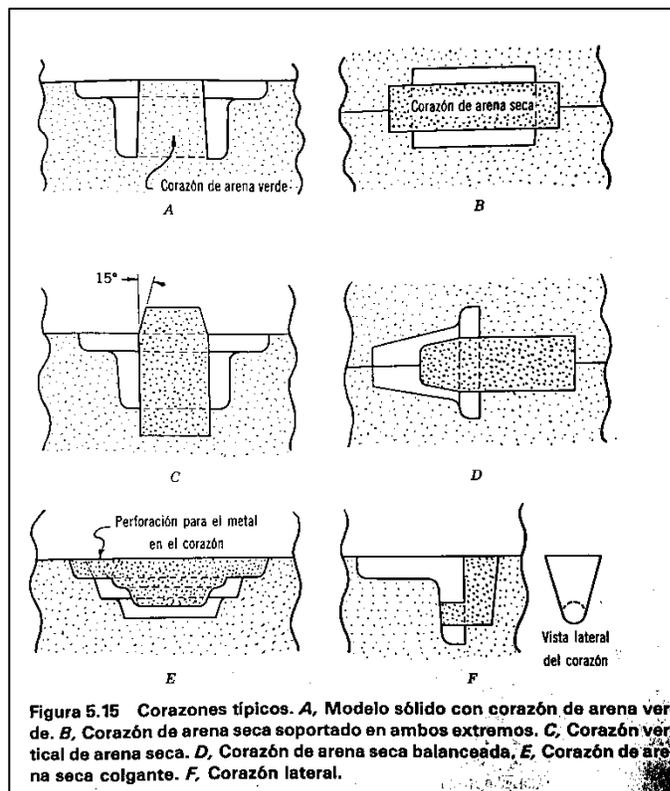
El corazón de arena seca se forma apisonándolo dentro de una caja para corazones. Los corazones con secciones circulares se hacen en mitades y se juntan con pegamento después de horneadas. Los corazones frágiles deben reforzarse con alambres para darles mayor resistencia y soportar las deflexiones. En corazones grandes se emplean tubos perforados, los cuales, además de darle resistencia al corazón, sirven para obtener una mejor ventilación.

Según la finalidad de los corazones se pueden diferenciar varios tipos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Corazón vertical: utilizado cuando en su extremo superior es requerido una considerable cantidad de ahusamiento para que no se desmorone la arena de la tapa.
- Corazón balanceado: este tipo de corazón se soporta en un solo extremo, por lo que la longitud debe asegurar que no se caiga dentro del molde.
- Corazón colgante: este corazón cuelga dentro del molde, es requerido un agujero en la parte superior del molde para que el metal fundido pueda llenar por completo la pieza.

- Corazón lateral: se utiliza cuando un agujero no está alineado con la superficie de partición

Figura 12. Corazones típicos



Fuente: AMSTEAD, B. H. *Procesos de manufactura*. p. 135.

4. MANTENIMIENTO

4.1. Definición de mantenimiento

Mantenimiento son todas las actividades que se ejecutan principalmente para garantizar el servicio que un equipo, máquina o planta industrial prestan. Al mismo tiempo, busca la conservación de los mismos, manteniendo los costos tan bajos como sean posibles, sin comprometer la calidad del servicio.

4.2. Tipos de mantenimiento

Por la variedad de actividades que se lleva a cabo en la industria, las labores de mantenimiento varían de empresa a empresa. Por lo tanto, se han clasificado todas estas actividades en tres tipos, los cuales son mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

4.2.1. Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo a todas aquellas labores de mantenimiento que son realizadas cuando el equipo ya ha presentado la falla.

Las empresas que incurren en este tipo de mantenimiento, usualmente plantean las actividades de mantenimiento cuando el equipo sufre una avería, teniendo como consecuencia un paro en la producción o actividad del equipo. Se requiere entonces de mano de obra, repuestos y materiales, por lo que, si no se disponen de ellos, se desencadenarán más problemas.

Este tipo de mantenimiento es caracterizado por el alto costo que representa, puesto que cada paro no planificado implica gastos de mano de obra, gasto por equipo parado y retraso en la ejecución de actividades.

4.2.2. Mantenimiento preventivo

Son todas aquellas actividades de mantenimiento que se realizan previa planificación. Tiene como principal característica la programación de las actividades en el momento más oportuno, obteniendo con esto la prevención de averías y la no intervención en las actividades de producción. El mantenimiento preventivo es utilizado con el objetivo de reducción de costos, debido a que permite ahorrar recursos, reducir al mínimo las averías y reducir la velocidad en que se deprecia el equipo.

El mantenimiento preventivo parte desde la inspección de los equipos, pasando por la detección de fallas en su punto inicial, corrección en el momento oportuno y culmina con la documentación de todas las actividades realizadas. Por lo tanto, se requiere de formatos de inspección, rutinas de mantenimiento, órdenes de trabajo, formatos de evaluación y registros de actividades.

El mantenimiento preventivo tiene tres principales fuentes de información, la primera de ellas resulta en el manual de mantenimiento que proporciona el propio fabricante del equipo, la segunda fuente se trata de los histogramas o bitácoras de mantenimiento que se manejan en la empresa donde se sitúa el equipo, y la tercera fuente es el personal, tanto de mantenimiento u operativo, que tiene contacto con el equipo.

Un programa de mantenimiento preventivo es aquel que reúne, planifica, ejecuta, revisa y registra todas las actividades de mantenimiento. Actividades de las que destacan las siguientes:

- **Inspecciones:** son la base del mantenimiento preventivo, consisten en las visitas periódicas que se le hacen al equipo, en las cuales se chequean parámetros y parámetros normales de operación. Esta actividad es la que brinda la información necesaria para desarrollar las actividades de mantenimiento de una forma propicia, información que se obtiene a través de los formatos de inspección.

Las inspecciones se deberán realizar con una frecuencia que permita al Departamento de Mantenimiento obtener la información necesaria para elaborar el programa, pero teniendo cuidado de no caer en un exceso de inspecciones y, por ende, en un incremento de los costos de mantenimiento. Además, se deben considerar ciertos factores que pueden influir en el desempeño del equipo, como pueden ser el ambiente que rodea a la planta, edad de la planta, tipo de equipo, tipo de operación, horas de servicio o cualquier otro factor que el Departamento considere importante.

Es importante definir las condiciones en que se realizará la inspección, equipo parado o en marcha, condición que será plasmada en los formatos de inspección. Además, se debe asegurar de cumplir los siguientes lineamientos:

- Las inspecciones se realizan en el punto de interés y el formato deberá ser llenado en el punto.

- Una inspección conlleva un pequeño lapso, por lo que es recomendable establecer tiempos para realizar la misma.
- En una inspección no se interviene el equipo, con excepción de cubiertas que sean necesarias retirar para poder efectuar la misma.
- Las inspecciones no deben afectar las actividades de producción.
- Limpieza: actividad que tiene como finalidad mantener en buen estado el área superficial de un equipo, reduciendo así los problemas de oxidación o corrosión, obstrucción y problemas de desgaste que se podrían suscitar por la interacción de un cuerpo extraño que podría experimentar el equipo.
- Lubricación: tiene como finalidad reducir el rozamiento, desgaste y calentamiento de las partes móviles o que tengan contacto con otra superficie dentro del equipo. Esta operación tiene como base las indicaciones que el fabricante brinda en el manual, o información que brinde la bitácora.

Una correcta ejecución de esta actividad da como resultado la prolongación de la vida útil del equipo, debido a que una considerable parte de las averías sucede por un mal programa de lubricación.

En la industria, el aceite y las grasas son los lubricantes más utilizados, estos tienen como funciones principales lubricar los puntos de contacto, componentes giratorios y deslizables, ayudar con el enfriamiento, proveer estanqueidad en las piezas, reducir el desgaste y ralladuras.

Entre los parámetros que se deben de tomar en consideración en un programa de lubricación se encuentran la detección de puntos a lubricar, periodicidad de lubricación, cambio o limpieza del lubricante y método de eliminación. Debido a todos estos requerimientos en las plantas industriales se normaliza o detallan los lubricantes a utilizar. Los parámetros a tomar en cuenta son:

- Propiedades del lubricante (grado de viscosidad, densidad, entre otros)
- Condiciones de servicio
- Tipos de servicio
- Denominación comercial
- Denominación comercial alternativa o equivalente.
- Métodos de aplicación
- Contraindicaciones

El personal encargado de la lubricación debe ser capacitado sobre el correcto uso de los diferentes tipos de lubricante, modos de aplicación, herramientas, accesorios, métodos de eliminación de residuos y métodos de contención de derrames.

- Revisiones: a diferencia de las inspecciones, en estas actividades se interviene en el equipo. Por lo tanto, estas actividades deben realizarse

en el momento oportuno, para no interferir con las actividades de producción. Estas actividades se hacen con el fin de verificar las averías identificadas en las inspecciones, para corregirlas y no provocar fallas o paros imprevistos.

4.2.3. Mantenimiento predictivo

También llamado mantenimiento previsorio o control predictivo del mantenimiento. El mantenimiento predictivo es una variante del mantenimiento preventivo que consiste en la determinación del estado de la máquina en un momento dado. Este tipo de mantenimiento se basa en el precepto de que los equipos emiten un aviso, señal o advertencia antes de que ocurra una falla, por lo que las actividades están orientadas a identificar estos avisos y realizar acciones que prevengan la falla.

El mantenimiento predictivo consiste en ensayos no destructivos que se le practican al equipo. Entre estos ensayos sobresalen los ensayos de tintas penetrantes, rayos X, rayos gamma, partículas magnéticas, ultrasonidos, análisis de vibraciones, análisis de aceite, estudios termográficos, entre otros.

El mantenimiento predictivo reduce los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, incrementa la eficiencia del mantenimiento, permite identificar cambios anormales en las condiciones del equipo, además, brinda la oportunidad de tomar decisiones antes de que ocurran las averías. Por lo tanto, será el Departamento de Mantenimiento el encargado de decidir si se intervendrá el equipo en el momento del ensayo o en una parada cercana, debido a esto, la confiabilidad del sistema es fundamental para la toma de decisiones.

4.3. Principales factores en las actividades de mantenimiento

Para toda empresa lo importante es el servicio y no el equipo que lo presta. Es por eso que el Departamento de Mantenimiento debe tener claro que la finalidad de todas las actividades es la de conservar el servicio que el equipo o instalación presta, manteniendo en el mismo la calidad solicitada. Por lo tanto, se debe ser cuidadoso y no caer en el error de poner como prioridad la conservación del equipo.

Las actividades de mantenimiento están basadas en tres factores:

- Calidad del servicio
- Tiempo de vida útil del equipo
- Reducción de costos de mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento deberá enfocar las actividades considerando los tres factores. Aunque hay ocasiones en las que no se pueden cumplir con todos ellos, se deberá de dar prioridad a la calidad de servicio.

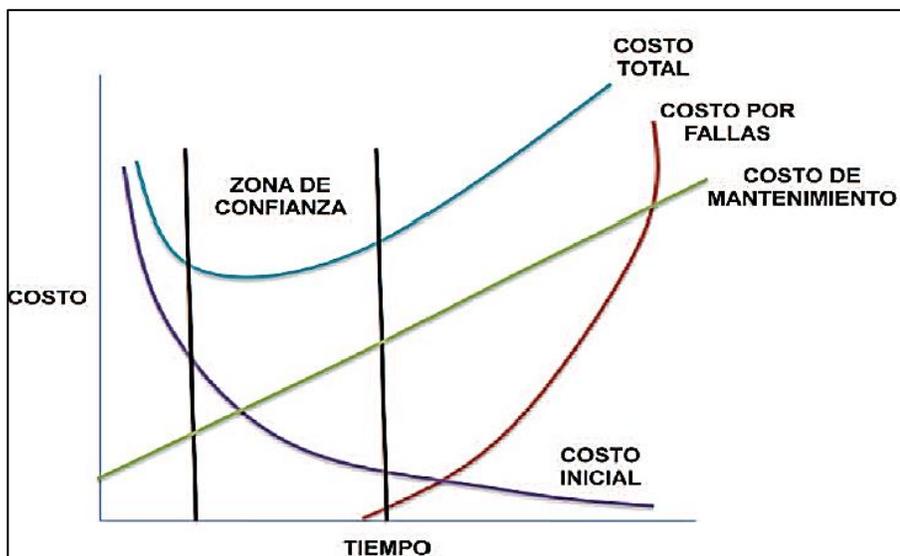
Partiendo del punto de vista económico, los tres factores antes mencionados muestran que el costo total del servicio se subdivide en tres partes, las cuales son:

- Costo inicial del equipo: la adquisición de un equipo incurre en una inversión alta que debe hacer la empresa, aunque por su contraparte un equipo nuevo reduce los costos de mantenimiento del mismo. Otro factor a tomar en cuenta es la rápida depreciación que tienen los equipos nuevos.

- Costo de mantenimiento: según uso que se le va dando al equipo, sus componentes se desgastan, causando un incremento de averías, lo que implica mayores gastos en materia de mantenimiento.
- Costo por paros no programados o falta de servicio: los paros no programados causan pérdidas por mano de obra parada, tiempo muerto del equipo, además de tener que reprogramar las actividades de producción, de tal manera que el costo total aumenta.

Para visualizar los costos por los que está compuesto el costo total, se creó la curva del costo total, donde se nota que hay una zona de confianza y se puede visualizar cómo se comportan los costos a través del tiempo.

Figura 13. **Relación de tiempo y costo de un equipo desde su adquisición**



Fuente: FIGUEROA FUENTES, Mynor Roderico. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo.* p. 9.

4.4. Impacto del mantenimiento en la producción

Partiendo del principio que producción es igual a la suma de operaciones y mantenimiento, el mantenimiento cobra importancia para alcanzar los objetivos de la empresa. Un mantenimiento mal aplicado significa costos elevados en reparaciones, altos costos por inventario de repuestos, productos de mala calidad, clientes insatisfechos y bajos niveles de ventas. Por lo tanto, un buen programa de mantenimiento es considerado como ventaja competitiva, ya que permite el cumplimiento de las actividades programadas y un incremento del desempeño del equipo.

Con el incremento de las exigencias de productos o servicios de calidad hacia las empresas, estas han invertido cuantiosas sumas de dinero en los diferentes departamentos, siendo uno de ellos el de mantenimiento. El mantenimiento ha pasado a ser fundamental en el desempeño de los equipos, tan fundamental que se le ha dado la misma importancia que a las operaciones del equipo. Los profesionales de mantenimiento son exigidos cada vez más, ya que desempeñan tareas de impacto directo en el producto que la empresa ofrece a sus clientes.

Un programa de mantenimiento deberá proporcionarle al Departamento de Producción lo siguiente:

- Reducción de paros no programados: los equipos serán intervenidos cuando estos no afecten, o tengan el menor impacto, en las actividades de producción.
- Rápida respuesta a eventualidades: un buen programa de mantenimiento preparará al personal para actuar rápido cuando una falla surja y así reducir el potencial de los daños.

- Garantía de funcionamiento: un mantenimiento bien realizado garantiza al Departamento de Producción el correcto funcionamiento del equipo, consiguiendo con eso reducir los márgenes de error.

Un desafío del Departamento de Mantenimiento es incrementar la eficiencia en sus operaciones sin incurrir en gastos innecesarios. Los criterios para medir la eficiencia son los siguientes:

- Desde el punto de vista de control de mano de obra: se es eficiente si el personal no tiene tiempo de ocio, trabaja en condiciones apropiadas y por períodos de tiempo razonables.
- Desde el punto de vista de costos: los gastos de mantenimiento no deben sobrepasar lo que le fue asignado en el presupuesto de la empresa.
- Desde el punto de vista de seguridad: el mantenimiento es eficiente si es realizado en condiciones seguras de trabajo, siguiendo procedimientos que reduzcan el riesgo de accidentes y utilizando el equipo de protección personal específico para cada actividad.

4.5. Análisis previo de riesgos

Para la óptima realización de cualquier actividad de mantenimiento, el primer paso consiste en realizar un análisis, en el cual se consideran factores que puedan interrumpir, o impedir la ejecución de las actividades. El análisis previo de riesgos es una herramienta que permite identificar los peligros y definir los riesgos y las medidas de control de los mismos.

El análisis deberá tener las siguientes consideraciones:

- El análisis previo de riesgos está indicado para todas las tareas programadas o emergentes que involucren la intervención sobre un equipo o instalaciones.
- Se debe elaborar en forma escrita antes de iniciar cada tarea.
- En su elaboración deben participar todas las personas que intervienen en el trabajo.
- Los riesgos que el análisis previo de riesgos contempla son:
 - Condiciones para la tarea
 - Riesgos del área
 - Condiciones meteorológicas
 - Accesos
 - Bloqueos
 - Interferencias y superposición
 - Atmósfera de trabajo
 - Incendio y explosión
 - Caída de objetos
 - Caída de personas
 - Riesgos eléctricos
 - Sustancias peligrosas
 - Protecciones especiales
 - Elementos de protección personal

El análisis previo de riesgos debe ser la base para el diseño de las rutinas de mantenimiento, puesto que reducirán la probabilidad y la severidad de un fallo o accidente. Además, repercute en una disminución en los costos de mantenimiento.

5. MANUAL DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

5.1. Descripción del manual de mantenimiento

El manual de operaciones de mantenimiento es una herramienta para Talleres de Fundición J. A. Ramírez, que le permite estandarizar procedimientos de reparación e inspección, de acuerdo con una secuencia lógica. De esta manera, el manual contiene los trabajos más importantes y de consideración; de que describe información sobre especificaciones técnicas y detalles propios de las actividades que el personal de mantenimiento deberá considerar para la correcta realización de las actividades de mantenimiento.

Este documento se convierte en una herramienta más, que no solo se usa en la ejecución de un trabajo, sino que ahorra tiempo en la búsqueda de formas de acceder a partes y cómo repararlas, sobre todo si se trata de personal nuevo. Este documento sirve como texto para la capacitación de operarios de mantenimiento, puesto que informa qué actividades se deben realizar y cómo deben desarrollarse. Así, no se concentra el conocimiento en una sola persona, lo cual puede acarrear dificultades por vacaciones, enfermedad u otras circunstancias fuera de control. Otro aspecto importante es que del conocimiento del personal depende la celeridad con que una máquina esté nuevamente en servicio. El manual facilita el aprendizaje sobre los equipos, puesto que los involucra progresivamente.

Este documento es también una herramienta valiosa para la gestión del mantenimiento, puesto que considera detalles importantes, como la frecuencia, clasificación y programación de las actividades de mantenimiento. Además de

establecer un sistema de gestión de los datos de mantenimiento a través de procedimientos de control, registro de actividades y establecimientos de un *stock* de repuestos y combustibles.

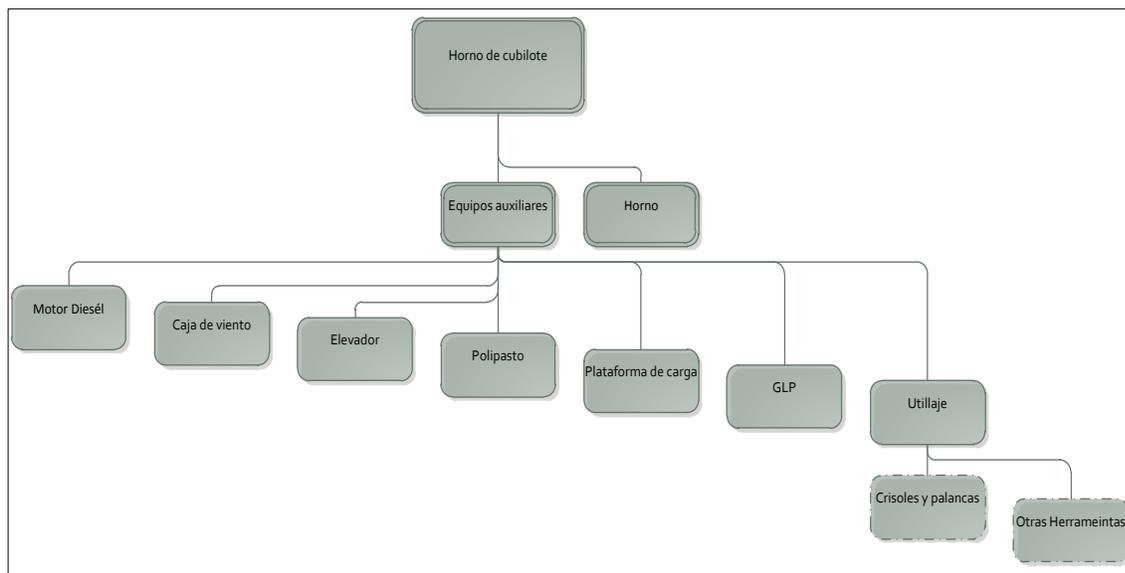
5.2. Administración del mantenimiento

La administración del mantenimiento se presenta a continuación.

5.2.1. Jerarquización de equipos

La importancia de las actividades de mantenimiento dependerá del equipo en el cual se realicen, por lo que se define la jerarquía de equipos, como se detalla a continuación.

Figura 14. Jerarquización de equipos



Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Responsabilidad del personal

El Departamento de Mantenimiento de Talleres J. A. Ramírez cuenta con dos niveles jerárquicos, por lo que las responsabilidades varían entre estos.

- Jefe de mantenimiento
 - Es su responsabilidad implementar y verificar el cumplimiento del presente documento y desarrollar los procedimientos específicos en cada una de sus áreas de responsabilidad.
 - Ser responsable de la gestión óptima del mantenimiento preventivo.
 - Garantizar la disponibilidad de repuestos, asegurando la definición de un *stock* mínimo adecuado de refacciones.
 - Asignar y notificar al personal encargado de ejecutar las tareas.
 - Brindar la orden de trabajo y rutina de mantenimiento al personal.
 - Preparar los repuestos, materiales y consumibles para la ejecución de tarea.
 - Aprobar las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos.
 - Controlar la base histórica de los equipos.
 - Evaluar la efectividad de los planes de mantenimiento preventivo.

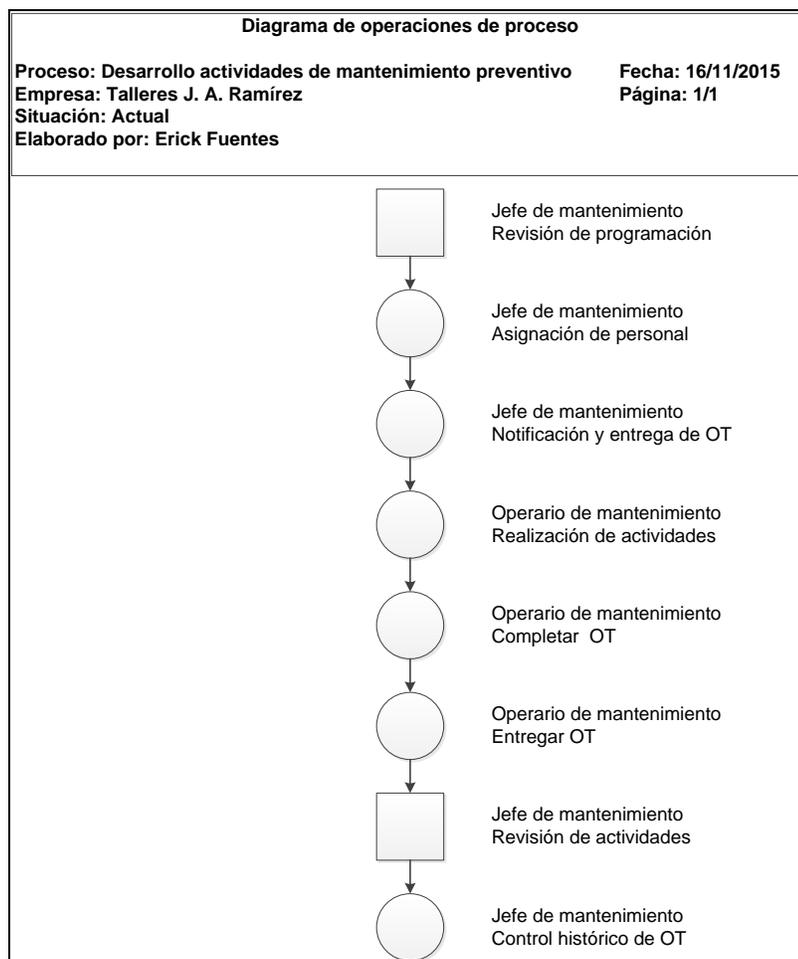
- Operario de mantenimiento
 - Realizar las tareas asignadas.
 - Seguir detalladamente las rutinas de mantenimiento.
 - Notificar los imprevistos que puedan surgir
 - Completar las rutinas y formatos de inspección que lo requiera.

- Notificar el estado de los equipos.
- Retornar la orden de trabajo, completada y firmada.

5.2.3. Proceso desarrollo de actividades

A continuación se presenta el diagrama de proceso de desarrollo de actividades.

Figura 15. Desarrollo de actividades de mantenimiento



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

5.3. Rutinas de mantenimiento

La rutina de mantenimiento es la herramienta que permite al jefe de mantenimiento llevar un control y crear un registro histórico de cada equipo. Además, sirve de guía para el personal encargado de cumplir con las actividades de mantenimiento, puesto que contiene indicaciones, especificaciones y detalles relevantes concernientes a la actividad a desarrollar.

Las rutinas de mantenimiento constan de dos partes, la orden de trabajo (OT) y el método operativo de trabajo o formato de inspección, las cuales deberán ser completadas por el personal encargado y devueltas al jefe de mantenimiento.

5.3.1. Métodos operativos de trabajo

Son las guías de las actividades de mantenimiento que se realizan en los equipos, estos métodos tienen un enfoque general del procedimiento, puesto que se considera que los encargados de realizar el mantenimiento tienen las habilidades requeridas. Otra característica es que los métodos operativos de trabajo dejan un área establecida para que el personal que ejecuta la actividad pueda retroalimentar al jefe de mantenimiento, a través de comentarios después de cada actividad.

5.3.1.1. Mantenimiento preventivo caja de viento

A continuación se presenta el diagrama de mantenimiento preventivo de la caja de viento.

Figura 16. **Mantenimiento preventivo de la caja de viento**

<p>TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Denominación: mecánico preventivo caja de viento Condición operativa: equipo parado Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo Frecuencia: 4 meses.</p> <p>ELEMENTOS PROTECCIÓN ESPECÍFICA:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarios <p>ACONDICIONAMIENTO PREVIO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Área delimitada para evitar el paso peatonal. <p>HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p style="text-align: center;">Procedimiento de la tarea</p> <p>Motor eléctrico</p> <ol style="list-style-type: none">1. El personal revisa la sujeción del motor eléctrico, cerciorándose de apretar todos los tornillos que fijan al motor.2. Revisar que la polea y el eje del motor se encuentren en buenas condiciones, que no se presenten fisuras en estas partes.3. Revisar el apriete de los tornillos castigadores que fijan la polea con el eje.4. Revisar el estado de las fajas, verificar que no presenten figuras a lo largo de su cuerpo. Tomar nota que las fajas deberán de reemplazarse a cada dos años.5. El personal de mantenimiento hace pruebas de funcionamiento, asegurarse se encuentre libre el área de trabajo. Se deberá de encender el motor, y verificar que el motor funcioné de forma correcta.	<p>TALLERES J.A. RAMÍREZ</p> 
---	---

Continuación de la figura 16.

<p>Comentarios:</p> <hr/> <hr/>
<p>Caja de viento</p> <ol style="list-style-type: none">1. Revisar que el eje y las poleas se encuentren en buen estado, que no presenten fisuras o daños.2. Cerciorarse que los tornillos castigadores, que sujetan el eje con la polea, se encuentren apretados, de lo contrario se deberán apretarlos.3. Verificar que las dos chumaceras giren libremente, y lubricarlas, a través de las graseras, con grasa EP 2.4. Revisar que las aspas del ventilador giren libremente, que no se presenten roturas en los alabes.5. Revisar la superficie exterior de la caja de viento y el conducto que la conecta con el horno cubilote. Asegurarse que no se presenten fisuras, o anomalías que pudiesen significar una fuga de aire. Si existiesen notificar y corregir lo que sea necesario.6. Revisar el estado de la sujeción del conducto de la caja de viento al techo, asegurar que se encuentre en óptimo estado, que no presente fisuras. Al detectar cualquier anomalía se deberán reemplazar los ganchos.7. Verificar la tornillería de toda la estructura de la caja de viento, apretar y corregir lo que sea necesario. <p>Comentarios:</p> <hr/> <hr/>
<p>CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS</p> <p>PLANOS, MANUALES, NORMAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p>CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Funcionamiento adecuado del equipo <p>RIESGO DE LA TAREA:</p> <ul style="list-style-type: none">• No implica riesgos específicos.

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.2. Mantenimiento preventivo del elevador

A continuación se presenta el diagrama de mantenimiento preventivo del elevador.

Figura 17. Mantenimiento preventivo del elevador

<p>TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Denominación: mecánico preventivo elevador Condición operativa: equipo parado Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo Frecuencia: 6 meses.</p> <p>ELEMENTOS PROTECCIÓN ESPECÍFICA:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarios <p>ACONDICIONAMIENTO PREVIO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Área delimitada para evitar el paso peatonal. <p>HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p style="text-align: center;">Procedimiento de la tarea</p> <p>Motor eléctrico</p> <ol style="list-style-type: none">1. El personal revisa la sujeción del motor eléctrico, cerciorándose de apretar todos los tornillos que fijan al motor.2. Revisar que la polea y el eje del motor se encuentren en buenas condiciones, que no se presenten fisuras en estas partes.3. Revisar el apriete de los tornillos castigadores que fijan la polea con el eje.4. Revisar el estado de las fajas, verificar que no presenten figuras a lo largo de su cuerpo. Tomar nota que las fajas deberán de reemplazarse a cada dos años.5. El personal de mantenimiento hace pruebas de funcionamiento, asegurarse se encuentre libre el área de trabajo. Se deberá encender el motor y verificar que el motor funcioné de forma correcta. <p>Comentarios:</p> <hr/>	<p>TALLERES J.A. RAMÍREZ</p> 
<p>Canasta</p> <ol style="list-style-type: none">1. Revisar la estructura de las guías, revisar la totalidad del tubo y asegurarse que no se presenten fisuras o daños. Si se encuentran fisuras deberá ser notificado al Jefe de mantenimiento, el cual resolverá para solucionar el problema.2. Revisar la estructura de la canasta, asegurarse que no se presenten fisuras dentro de la misma.	

Continuación de la figura 17.

3. Verificar que las soldaduras de la canasta estén en buenas condiciones, asegurarse que no se presenten fisuras, si se encuentra alguna fisura deberá de ser marcada con *masking tape* y se continuará con la revisión. Al terminar la inspección, se notificará al jefe de mantenimiento el cual resolverá para solucionar los problemas encontrados.
4. Accionar el motor eléctrico y revisar que la canasta se desplace por los tubos guías sin inconvenientes.
5. Revisar que los pines, que sirven como topes, se encuentren en buen estado. Se deberá de asegurar que no cuenten con fisuras o daños dentro de su estructura.

Comentarios:

Caja reductora

1. Verificar que no existan fugas de aceite en la caja reductora, de lo contrario estas deberán ser corregidas.
2. Revisar el nivel de aceite de la caja reductora, ajuste hasta alcanzar el nivel óptimo con aceite SAE W90, de ser necesario.
3. Revisar que el eje y la polea se encuentren en buen estado, que no presenten fisuras o daños.
4. Cerciorarse que los tornillos castigadores, que sujetan el eje con la polea, se encuentren apretados, de lo contrario se deberán apretarlos.
5. Verificar que la chumacera gire libremente, y lubricarla, a través de la grasea, con grasa EP 2.
6. Verificar que el rodamiento que conecta al eje con la caja reductora gire libremente, y lubricarlo, a través de la grasea, con grasa EP 2.
7. Verificar que la base en la que se apoya la caja reductora se encuentre en buen estado. Asegurarse que esta no presente fisuras dentro de su cuerpo, y que las soldaduras estén en buen estado. Cualquier anomalía deberá ser informada al jefe de mantenimiento, él cuál resolverá para solucionar el problema.

Comentarios:

Winch o cabrestante

1. Bajar la plataforma hasta el punto más bajo, para descargar el cable y así realizar una inspección confiable.
2. Los cables de alambre deben sustituirse inmediatamente en caso de rotura de un torón, levantamiento, aplastamiento, dobladura, desgaste importante, alambres jalados, torones flojos, daños serios o fuerte presencia de óxido.

Continuación de la figura 17.

<p>3. Para comprobar la presencia de roturas de alambre (torón) en el cable, debe estar descargado el cable flexionándolo con la mano en la forma de trabajo, para poder reconocer mejor las roturas de alambres. El radio de flexión debe ser aproximadamente igual al radio de la polea del cable.</p> <p>4. Limpiar el tambor del cable y aplicarle grasa uniformemente.</p> <p>5. Enrolle y desenrolle (subir y bajar la canasta) el cable a todo lo largo del tambor y verifique lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Que el cable no se traslape o monte sobre los canales del tambor.○ Que el cable se deslice libremente.○ Que la guía del cable se deslice libremente a todo lo largo del tambor. <p>Si no se cumplen estas condiciones, se debe desenrollar por completo el cable, e inicie el enrollado del cable, guiando las primeras 6 u 8 vueltas en el tambor, de modo que quede tirante y cuidando que no se tuerza. Si a pesar de esto persisten los problemas, se deberá de notificar al jefe de mantenimiento, él cuál resolverá para solucionar el problema.</p> <p>6. Aplicar grasa especial en la zona del anillo guía del tambor del cable.</p> <p>7. Revisar el estado y ajuste de los cojinetes del eje del tambor, cambie los cojinetes si amerita.</p> <p>Comentarios:</p> <hr/> <hr/> <p>CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS.</p> <p>PLANOS, MANUALES, NORMAS:</p> <ul style="list-style-type: none">● No son necesarias. <p>CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:</p> <ul style="list-style-type: none">● Funcionamiento adecuado del equipo <p>RIESGO DE LA TAREA:</p> <ul style="list-style-type: none">● No implica riesgos específicos.

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.3. Mantenimiento preventivo del motor diésel

El mantenimiento preventivo del motor diésel se presenta a continuación.

Figura 18. **Mantenimiento preventivo del motor diésel**

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Denominación: mecánico preventivo motor diésel Condición operativa: equipo parado Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo Frecuencia: 6 meses.	TALLERES J.A. RAMÍREZ 
ELEMENTOS PROTECCIÓN ESPECÍFICA:	
<ul style="list-style-type: none">• No son necesarios	
ACONDICIONAMIENTO PREVIO:	
<ul style="list-style-type: none">• Área delimitada para evitar el paso peatonal.	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES:	
<ul style="list-style-type: none">• No son necesarias.	
Procedimiento de la tarea	
Sistema de alimentación	
<ol style="list-style-type: none">1. El personal revisa la sujeción del tanque de alimentación que se encuentra suspendido, cerciorándose de apretar todos los tornillos que lo sujetan.2. El personal revisa las uniones por soldadura que tiene la base que sostiene al tanque de alimentación.3. Cambiar el filtro plástico de diésel, revisar que ambas mangueras, la que conecta el filtro al tanque y la que lo conecta al motor, estén en buen estado y que no presenten fugas.4. Cambiar el filtro diésel que se encuentra incorporado al motor.5. Revisar que no se presenten fugas de diésel en la bomba.	
Comentarios: _____	

Continuación de la figura 18.

<p>Cuerpo del motor</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cambiar el filtro de aire del motor, limpiar la base del mismo y asegurarse que no existe ningún objeto que pueda obstruir la correcta circulación del aire de admisión.2. Botar el aceite del motor, asegurarse de verter el aceite en un contenedor destinado al reciclaje del mismo. Luego se procede a cambiar el filtro de aceite, este filtro deberá ser cambiado no importando el estado del mismo.3. Verter aceite Yantrol 32 hasta alcanzar el nivel óptimo.4. Revisar la fijación del motor, revisando el apriete de cada uno de los tornillos que fijan el motor a la base.5. Revisar que el eje y las poleas que conectan el motor a la caja de viento se encuentren en buen estado, que no presenten fisuras o daños.6. Cerciorarse que los tornillos castigadores, que sujetan al eje con la polea, se encuentren apretados, de lo contrario se deberán apretarlos.7. Revisar que el eje y la manecilla de arranque se encuentren en óptimo estado, que no presenten fisuras o daños.8. Asegurarse que no existan fugas de aceite en el cuerpo del motor, de lo contrario reporte al jefe de mantenimiento, el cual resolverá para solventar el problema9. Revisar el cuerpo del sistema de escape, asegurase que los dos silenciadores y los tubos conductores de los gases residuales no presenten fisuras o agujeros en su cuerpo, de lo contrario reportar al jefe de mantenimiento, el cuál programa al soldador para que repare lo que sea necesario. <p>Comentarios:</p> <hr/> <hr/> <p>CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS.</p> <p>PLANOS, MANUALES, NORMAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p>CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Funcionamiento adecuado del equipo <p>RIESGO DE LA TAREA:</p> <p>No implica riesgos específicos.</p>
--

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.4. Mantenimiento preventivo del polipasto

El mantenimiento preventivo del polipasto se presenta a continuación.

Figura 19. Mantenimiento preventivo del polipasto

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Denominación: mecánico preventivo polipasto Condición operativa: equipo parado Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo Frecuencia: 6 meses	TALLERES J.A. RAMÍREZ 
Elementos protección específica:	
<ul style="list-style-type: none">• Arnés con absorbedor de impacto• Extensión o línea de vida de arnés, carabinero y deslizador, bolsa de cuero para herramientas	
Acondicionamiento previo:	
<ul style="list-style-type: none">• Área delimitada para evitar el paso peatonal.	
Herramientas y equipos especiales:	
<ul style="list-style-type: none">• No son necesarias.	
Procedimiento de la tarea	
Polipasto	
Caja reductora	
Revisar el funcionamiento de la caja reductora del polipasto, si tiene ruidos anormales o mal funcionamiento, reporte al jefe de mantenimiento.	
Verifique que la caja reductora no presente fugas de aceite, de lo contrario corríjalas.	
Revise el nivel de aceite de la caja reductora, removiendo el tapón de llenado y verificando que rebalse el aceite, de lo contrario rellene con aceite SAE W90, hasta lograr el nivel requerido	
Comentarios:	
<hr/> <hr/>	

Continuación de la figura 19.

Freno del motor del polipasto

Desarme el freno y verifique que la fricción del freno no presente desgaste excesivo, sin rajaduras, de lo contrario cámbiela.

Espeor mínimo de la fricción: 1/16"

Limpie la superficie de las fricciones, para eliminar cualquier suciedad o grasa y después lije la superficie con lija grado 36 para darle aspereza y mejorar el frenado.

Revise el estado de los discos espejos, cámbielos si se encuentran dañados o con desgaste excesivo.

Lije la superficie de los discos espejos para mejorar el frenado.

Revise el estado de la cuña, si se encuentra desgastada o dañada cámbiela.

Calibre el freno y realice pruebas de funcionamiento con carga, hasta lograr el frenado perfecto.

Ajuste requerido: 0,015" – 0,020"

Comentarios:

Trolley

Caja reductora:

Revise el funcionamiento de la caja reductora del *trolley*, si tiene ruidos anormales o mal funcionamiento desarme la caja para efectuar las reparaciones necesarias.

Verifique que la caja reductora no presente fugas de aceite, de lo contrario corríjelas.

Comentarios:

Ruedas del *trolley*

Utilice solvente mineral, limpie el piñón y las 2 ruedas dentadas de transmisión y revise que no se encuentren rajados, quebrados o con dientes desgastados, de lo contrario cambie las piezas necesarias.

Continuación de la figura 19.

Revise que no haya demasiado juego radial ni axial en las 4 ruedas de traslación del *trolley* de lo contrario repare o cambie las piezas necesarias.

Revise el estado de los cojinetes de las 4 ruedas, cámbielos si presentan daños.
Reapriete las tuercas de fijación de las 4 ruedas.

Revise el estado del riel por daños o soldaduras quebradas, efectúe las reparaciones necesarias.

Aplique grasa NLGI-2 para engranajes expuestos al piñón y ruedas dentadas.

Comentarios:

Cadena

Revise el estado de todos los eslabones de la cadena, si se encuentran deformados o agrietados cambie la cadena.

Verifique que la cadena se desplace libremente hacia arriba y abajo, de lo contrario corrija lo que sea necesario.

Verifique que la cadena se acumule correctamente en su depósito, de lo contrario ajuste lo que amerite.

Lubrique la cadena con aceite EP 90.

Comentarios:

Gancho

Revise que el gancho no se encuentre agrietado o deformado, de lo contrario cámbielo.

Revise el estado del cojinete axial del gancho, cámbielo si presenta daños.

Verifique que el seguro del gancho se encuentre en buen estado y funcionando correctamente de lo contrario corrija lo que amerite.

Comentarios:

Continuación de la figura 19.

<p>CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS.</p> <p>PLANOS, MANUALES, NORMAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p>CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Funcionamiento adecuado del equipo <p>RIESGO DE LA TAREA:</p> <ul style="list-style-type: none">• Caída que le puede causar la muerte, golpes, cortes <p>Caída de herramientas o piezas en mantenimiento</p>
--

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.5. Mantenimiento preventivo del horno

En la figura 20 se detalla el mantenimiento preventivo del horno.

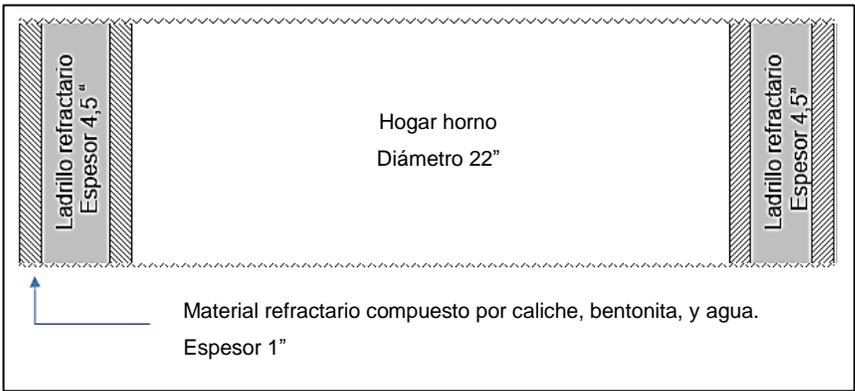
Figura 20. **Mantenimiento preventivo del horno**

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Denominación: mecánico preventivo del horno
Condición operativa: equipo parado
Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo
Frecuencia: después de fundición

TALLERES J.A. RAMÍREZ


Procedimientos de la tarea

Vista seccional del cubilote



Hogar horno
Diámetro 22"

Ladrillo refractario
Espesor 4,5"

Material refractario compuesto por caliche, bentonita, y agua.
Espesor 1"

El personal ingresa por la parte inferior del horno, utilizando una cinta métrica empieza a medir el diámetro del hogar del horno, asegurándose de medir todo los puntos del perímetro del hogar.

Comentarios:

Si se encuentra un punto en el que el diámetro supere 22", se deberá verificar lo siguiente:

- El espesor de la capa interna de material refractario.
- El espesor del ladrillo refractario, este último punto, solo si la capa interna de material refractario se ha consumido en su totalidad.

Marcar el punto, y seguir con las mediciones. Continuar con el procedimiento a todo lo largo vertical del horno.

Continuación de la figura 20.

Terminando las mediciones del hogar del horno, se deberá identificar alguno de los siguientes casos, y proceder según sea el caso:

a) El diámetro del horno es de 22" y la capa de material de refractario no se encuentra desgastada.

- El refractario se encuentra en buen estado, por lo que no se hará nada.

Comentarios:

b) El diámetro del hogar es mayor a 22" y la capa de material refractario se encuentra desgasta.

- En un recipiente, mezclar el arcilla con la bentonita, en proporciones de 1 % de bentonita y 99 % de arcilla (1 Lb de bentonita por cada 100 Lb de arcilla).
- A la mezcla agregar agua, hasta lograr una consistencia pastosa (espesa).
- Con un cepillo de alambre, raspar el área donde se debe aplicar la mezcla, esto con el fin de crear una superficie que ayude a la adherencia de la pasta refractaria.
- Aplicar el material refractario a las áreas de refractario del hogar que se desea reforzar.
- Esperar a que seque la mezcla. Cuando se encuentre seco el material, con un cepillo de alambre y lija, asegurarse de dejar uniforme la superficie del refractario.

Comentarios:

c) El diámetro del hogar es mayor a 22", la capa de material refractario está totalmente gastada, pero el espesor de ladrillo refractario es mayor a 2".

- En un recipiente, mezclar el arcilla con la bentonita, en proporciones de 1 % de bentonita y 99 % de arcilla (1 Lb de bentonita por cada 100 Lb de arcilla).
- A la mezcla agregar agua, hasta lograr una consistencia pastosa (espesa).
- Con un cepillo de alambre, raspar el área donde se debe aplicar la mezcla, esto con el fin de crear una superficie que ayude a la adherencia de la pasta refractaria.
- Aplicar el material refractario a las áreas de refractario del hogar que se desea reforzar.
- Se debe lograr que el material refractario, compense el espesor del ladrillo refractario, y el correspondiente al material refractario faltante.

Continuación de la figura 20.

- Esperar a que seque la mezcla. Cuando se encuentre seco el material, con un cepillo de alambre y lija, asegurarse de dejar uniforme la superficie del refractario.

Comentarios:

d) El diámetro del hogar es mayor a 22", la capa de material refractario está totalmente gastada, y el espesor de ladrillo refractario es menor a 2".

- Retirar los ladrillos desgastados.
- Con un cepillo de alambre, raspar el área donde se desea colocar los nuevos ladrillos, esto con el fin de crear una superficie que ayude a la adherencia de los nuevos ladrillos y la mezcla refractaria.
- Colocar los nuevos ladrillos, adhiriéndolos con la mezcla de refractario.
- Esperar a que los nuevos ladrillos se adhieran.
- Aplicar el material refractario a las áreas de refractario del hogar que se desea reforzar.
- Se debe lograr que el material refractario, compense el espesor del ladrillo refractario y el correspondiente al material refractario faltante.
- Esperar a que seque la mezcla. Cuando se encuentre seco el material, con un cepillo de alambre y lija, asegurarse de dejar uniforme la superficie del refractario.

Comentarios:

Cantidad de puntos arreglados: _____

Cantidad de ladrillos reemplazados: _____

CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS.

PLANOS, MANUALES, NORMAS:

- No son necesarias.

CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:

- Funcionamiento adecuado del equipo

RIESGO DE LA TAREA:

- No implica riesgos específicos.

Fuente: elaboración propia.

5.3.1.6. Mantenimiento preventivo de crisoles y utillaje

En la figura 21 se detalla el mantenimiento preventivo de crisoles y utillaje.

Figura 21. **Mantenimiento preventivo de crisoles y utillaje**

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Denominación: mecánico preventivo de crisoles Condición operativa: equipo parado Motivo de la tarea: mantenimiento preventivo Frecuencia: después de fundición	TALLERES J.A. RAMÍREZ 
ELEMENTOS PROTECCIÓN ESPECÍFICA:	
<ul style="list-style-type: none">• No son necesarios	
ACONDICIONAMIENTO PREVIO:	
<ul style="list-style-type: none">• Área delimitada para evitar el paso peatonal.	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES:	
<ul style="list-style-type: none">• No son necesarias.	
Procedimientos de la tarea	
CRISOLES 700 LIBRAS	
Revise la cobertura metálica del crisol, asegúrese que no existan fisuras en la misma. En caso de existir una fisura, reportarla, y llevar el crisol al departamento de soldadura.	
Revisar que la estructura metálica, que tiene como función servir de palanca, se encuentre en buen estado, asegúrese que la soldadura de la misma no presente fisuras. En caso de existir una fisura, reportarla, y llevar el crisol al departamento de soldadura.	
Comentarios:	
<hr/> <hr/>	
Revise que el espesor del refractario sea de mínimo 3/4", de lo contrario seguir el procedimiento que se presenta a continuación.	

Continuación de la figura 21.

Procedimiento para refractario de crisoles

- Materiales:
 - Arcilla
 - Bentonita
 - Agua

- Pasos:
 - En un recipiente, mezclar el arcilla con la bentonita, en proporciones de 1 % de bentonita y 99 % de arcilla (1 Lb de bentonita por cada 100 Lb de arcilla).
 - A la mezcla agregar agua, hasta lograr una consistencia pastosa (espesa).
 - Con un cepillo de alambre, raspar el área donde se debe aplicar la mezcla, esto con el fin de crear una superficie que ayude a la adherencia de la pasta refractaria.
 - Aplicar el material refractario a las áreas de refractario del crisol que se desea reforzar.
 - Esperar a que seque la mezcla. Cuando se encuentre seco el material, con un cepillo de alambre y lija, asegurarse de dejar uniforme la superficie del refractario.

Comentarios:

Cantidad de crisoles de 700 libras: _____

Cantidad de crisoles de 700 libras revisados: _____

Por último, marcar los crisoles, indicando la fecha de la última revisión, para su posterior identificación.

CRISOLES 100 LIBRAS

Revise la cobertura metálica del crisol, asegúrese que no existan fisuras en la misma. En caso de existir una fisura, reportarla, y llevar el crisol al departamento de soldadura.

Revisar que la estructura metálica, que tiene como tope para la palanca. Asegúrese que la soldadura de la misma no presente fisuras. En caso de existir una fisura, reportarla, y llevar el crisol al departamento de soldadura.

Revisar que las palancas no sufran grietas o fisuras en su estructura. Verificar que no se presenten fisuras en las soldaduras de las palancas. En caso de encontrar una grieta y fisura, reportarla y llevar la palanca al departamento de soldadura.

Continuación de la figura 21.

Comentarios:	
<hr/> <hr/>	
<p>Revise que el espesor del refractario sea de mínimo 3/4", de lo contrario seguir el procedimiento que se presentó en la sección de crisoles de 700 libras.</p>	
<p>Revisar que la boquilla tenga la forma idónea, y se encuentre en buen estado. De lo contrario, quitar por completo la boquilla, y seguir el procedimiento que se presenta a continuación.</p>	
Procedimiento para reparación de boquillas de crisoles	
•	Materiales: <ul style="list-style-type: none">○ Arcilla○ Bentonita○ Agua○ Clavo inoxidable de 2"
•	Pasos: <ul style="list-style-type: none">○ En un recipiente, mezclar el arcilla con la bentonita, en proporciones de 1 % de bentonita y 99 % de arcilla (1 Lb de bentonita por cada 100 Lb de arcilla).○ A la mezcla agregar agua, hasta lograr una consistencia pastosa (espesa).○ Con un cepillo de alambre, raspar el área donde se debe aplicar la mezcla, esto con el fin de crear una superficie que ayude a la adherencia de la pasta refractaria.○ Aplicar el material refractario a la boquilla, y moldear hasta darle la forma deseada a la boquilla.○ Insertar los clavos dentro del material refractario (antes que éste se seque) para darle rigidez a la boquilla.○ Moldear el orificio de la boquilla, asegurando de dejarlo con un diámetro de 2".○ Esperar a que seque el material refractario. Cuando se encuentre seco el material, con un cepillo de alambre y lija, asegurarse de dejar uniforme la superficie del refractario.
Comentarios:	
<hr/> <hr/>	
Cantidad de crisoles de 100 libras:	_____
Cantidad de crisoles de 100 libras revisados:	_____
Cantidad de palancas existentes:	_____
Cantidad de palancas revisadas:	_____

Continuación de la figura 21.

<p>Por último, marcar los crisoles y palancas, indicando la fecha de la última revisión, para su posterior identificación.</p> <p>CONFECCIONE AVISO CORRESPONDIENTE PARA LAS NOVEDADES ENCONTRADAS.</p> <p>PLANOS, MANUALES, NORMAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• No son necesarias. <p>CRITERIOS ACEPTACIÓN O RECHAZO:</p> <ul style="list-style-type: none">• Funcionamiento adecuado del equipo <p>RIESGO DE LA TAREA:</p> <ul style="list-style-type: none">• No implica riesgos específicos.
--

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Formatos de inspección

A diferencia de los métodos operativos de trabajo, un formato de inspección no requiere de una actividad específica por parte del personal, es decir, el personal se limitará a completar el formato, teniendo como única herramienta la inspección visual de los equipos contenidos en el formato.

5.3.2.1. Inspección del horno antes de fundición

En la figura 21 se detalla la inspección del horno antes de fundición.

Tabla II. Inspección del horno antes de fundición

Equipo Principal		Equipo	Control a Equipos	Ideal	Bueno (SÍ)	Malo (NO)	Lectura
Equipos auxiliares	GLP	Presión Cilindro GLP		Min. 50 psi			
		Estado de mangueras (Fugas)		N/A			N/A
		Funcionamiento boquillas		N/A			
	Caja de viento	Funcionamiento motor		N/A			N/A
		Estado de fajas		N/A			N/A
		Estado de la caja de viento		N/A			N/A
		Ruido en rodamientos		N/A			N/A
		Cables y Conexiones		N/A			N/A
		Estado de tornillería general		N/A			N/A
	Motor diésel	Nivel de aceite		N/A			N/A
		Estado de las fajas		N/A			N/A
		Filtro plástico diesel		N/A			N/A
		Filtro diésel		N/A			N/A
		Fugas de aceite		N/A			N/A
		Fugas de diesel					
		Existencia de 5 galones de diésel		N/A			N/A
	Estado de tornillería general		N/A			N/A	
	Sección de carga	Estado de plataforma de carga		N/A			N/A
		Soldaduras plataforma de carga		N/A			N/A
		Base de madera plataforma de carga		N/A			N/A
		Bisagras puerta de carga del horno		N/A			N/A
Estado de balanzas			N/A			N/A	
Estado de tornillería general			N/A			N/A	

Continuación tabla II.

Equipos auxiliares	Elevador	Estado estructura del elevador	N/A		N/A
		Estado tubos guías del elevador	N/A		N/A
		Estado de balanza	N/A		N/A
		Funcionamiento motor de elevación	N/A		N/A
		Estado de fajas motor de elevación	N/A		N/A
		Ruido en rodamientos motor de elevación	N/A		N/A
		Cables y conexiones motor de elevación	N/A		N/A
		Funcionamiento de Winch	N/A		N/A
		Estado de fajas Winch	N/A		N/A
		Ruido en rodamientos Winch	N/A		N/A
		Cables y conexiones Winch	N/A		N/A
		Estado de cable de elevación Winch	N/A		N/A
		Estado de tornillería general	N/A		N/A
	Uillaje	Estado de herramientas	N/A		N/A
		Soldadura en herramientas	N/A		N/A
		Disponibilidad de herramientas	N/A		N/A
	Crisoles	¿Se realizó el mantenimiento?	N/A		N/A
		¿Están identificados los crisoles?	N/A		N/A
¿Están disponibles los crisoles?		N/A		N/A	
Palancas para crisoles	¿Se realizó el mantenimiento?	N/A		N/A	
	¿Están identificados las palancas?	N/A		N/A	
	¿Están disponibles las palancas?	N/A		N/A	
Horno	Toberas	Estado de toberas	N/A		N/A
		Obstrucciones en toberas	N/A		N/A
	Refractario	¿Se realizó el mantenimiento?	N/A		N/A
	Horno	Estado de coraza	N/A		N/A
		Estado tornillería coraza	N/A		N/A
		Estado base de horno	N/A		N/A
		Estado compuerta base de horno	N/A		N/A
		Estado puerta de carga	N/A		N/A
		Estado canal de escoria	N/A		N/A
		Estado de chimenea	N/A		N/A
Estado de tornillería general	N/A		N/A		
FECHA:		ORDEN DE TRABAJO:			
REALIZO:		APROBO:			

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Órdenes de trabajo (OT)

La orden de trabajo es utilizada por el Departamento de Mantenimiento para las tareas que demanda el programa de mantenimiento preventivo. La orden de trabajo también es el mecanismo más viable para solicitar los trabajos al Departamento por parte de otros departamentos de la empresa. El Departamento de Mantenimiento aprovecha el uso de este recurso informativo, pues al ser un documento escrito puede ser utilizado como instrumento de planificación de muy corto plazo. Además, al tener actividades simultáneas, permite priorizar los trabajos y un mejor uso de la mano de obra.

Figura 22. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO			
Orden núm.	_____	Fecha:	_____
Departamento:	_____	Sección:	_____
Equipo:	_____		
Personal asignado:	_____		
Tipo de mantenimiento:	_____		
Fecha de inicio:	_____	Hora de inicio:	_____
Fecha de finalización:	_____	Hora de finalización:	_____
Actividad a desarrollar:	_____		
Sección de revisión			
(f)	_____	(f)	_____
	Jefe de mantenimiento		Operario de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

La orden de trabajo será llenada por el jefe de mantenimiento, excepto la sección de revisión, hora y fecha de finalización, que serán llenadas al final de la tarea y será entregada al personal asignado.

Figura 23. **Ejemplo de orden de trabajo completa**

ORDEN DE TRABAJO			
Orden núm.	125	Fecha:	10/11/2015
Departamento:	Mantenimiento	Sección:	Horno
Equipo:	Caja de viento		
Personal asignado:	Erick Fuentes		
Tipo de mantenimiento:	Preventivo		
Fecha de inicio:	12/11/2015	Hora de inicio:	1:36 p. m.
Fecha de finalización:	18/11/2015	Hora de finalización:	10:25 a. m.
Actividad a desarrollar:	Mantenimiento preventivo caja de viento		
Sección de revisión			
(f)	PEDRO RAMOS	(f)	ERICK FUENTES
	Jefe de mantenimiento		Operario de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

5.4. Programa de mantenimiento

El objetivo del plan de mantenimiento es obtener un marco de coordinación y compromiso de los tiempos asignados al Departamento de Mantenimiento, para realizar la inspección y reparaciones de la maquinaria y equipo, ya que la calidad y cantidad de producción la garantiza la disponibilidad de la maquinaria.

El programa de mantenimiento de Talleres de Fundición J. A. Ramírez definirá el lapso en el cual se realizarán las actividades, establecerá una clasificación de actividades, partiendo por su frecuencia y distribuyendo equitativamente, con el menor impacto al Departamento de Producción, las diferentes actividades de mantenimiento preventivo contempladas en el horno de cubilote.

5.4.1. Clasificación de actividades según frecuencia

La clasificación de actividades según su frecuencia se presenta a continuación.

5.4.1.1. Actividades con frecuencias definidas

Las actividades son agrupadas respecto a su frecuencia, debido a que se busca obtener una distribución equitativa y así evitar que dos o más actividades con la misma frecuencia se programen juntas, puesto que eso supondría que las actividades deberían realizarse siempre de manera simultánea y provocaría una acumulación de trabajo en ciertos meses.

Las actividades con frecuencia mayor a tres meses podrán ser ejecutadas con una tolerancia de una semana respecto a la fecha de programación y las actividades con una frecuencia menor tendrán una tolerancia de tres días hábiles.

5.4.1.2. Actividades con frecuencias especiales

Debido a la naturaleza de las actividades, que dependen del Departamento de Producción, y del tipo de producción de Talleres de Fundición J. A. Ramírez, producción intermitente, no pueden establecerse frecuencias. Por lo tanto, algunas de ellas serán programadas a partir de la notificación de la fecha de fundición del Departamento de Producción.

Aunque existen actividades que se programarán al concluir el proceso de fundición, para las cuales solo se establece un lapso a partir de que se concluya el proceso de fundición.

5.4.2. Definición de frecuencia de actividades

Actualmente, Talleres de Fundición J. A. Ramírez no cuenta con un programa de mantenimiento ni con una bitácora de mantenimiento. Por lo tanto, la frecuencia de las actividades se establece con base en entrevistas realizadas al personal operativo y frecuencias recomendadas por fabricantes de equipos similares.

Las medidas de frecuencia de las actividades tendrán como unidad base el mes laboral, 30 días, por lo que cada una de las actividades tendrá una frecuencia de un múltiplo entero de la unidad base. Para las actividades correspondientes al horno de cubilote se tendrán actividades cuatrimestrales, semestrales, anuales y especiales, estas últimas por su naturaleza no tienen una frecuencia establecida.

Tabla IV. **Frecuencia de actividades de mantenimiento**

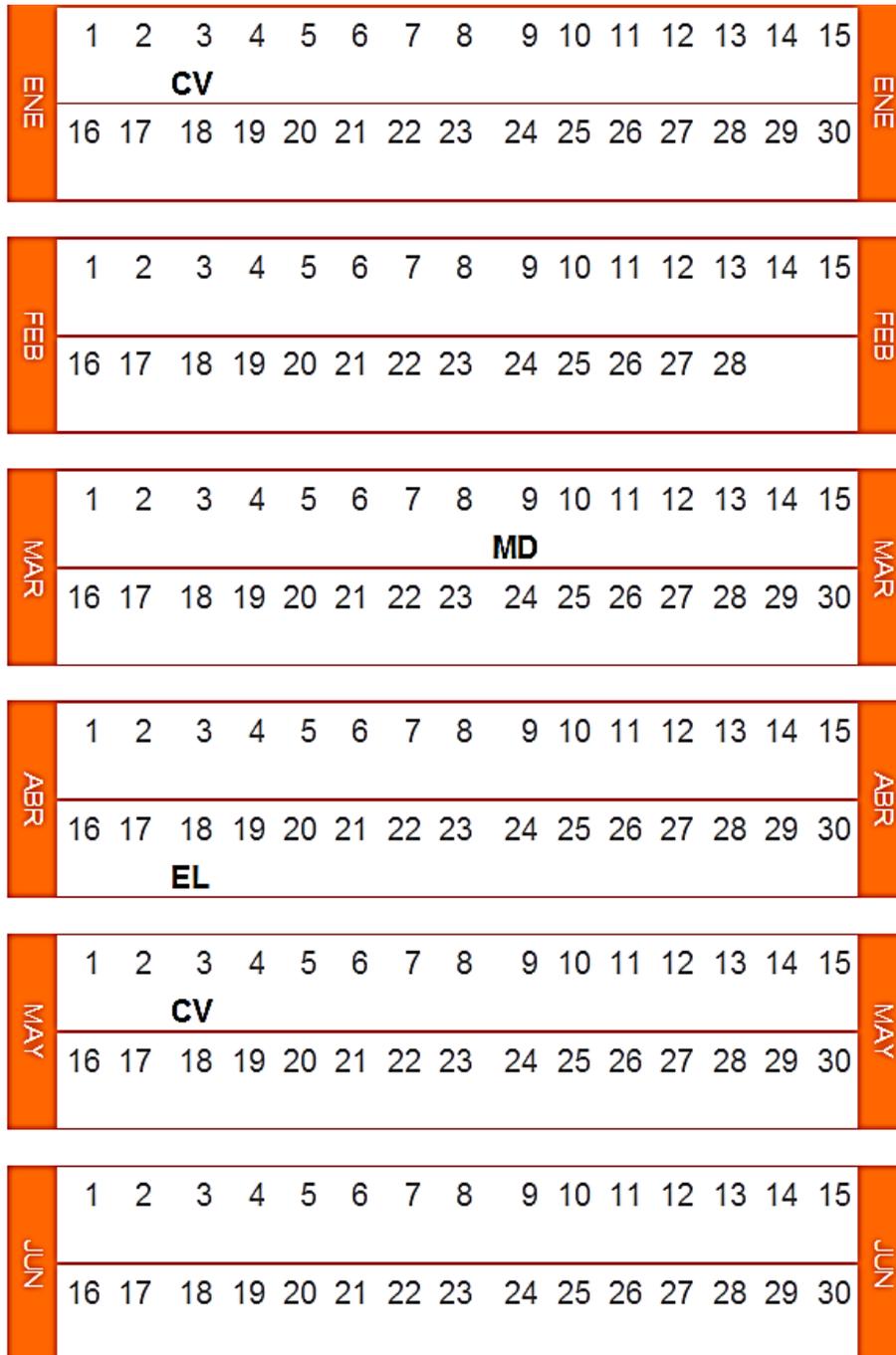
Frecuencia	Actividad	Código	Observaciones
4 meses	Mantenimiento preventivo caja de viento	CV	Frecuencia definidas
6 meses	Mantenimiento preventivo elevador	EL	
	Mantenimiento preventivo motor diésel	MD	
	Mantenimiento preventivo polipasto	PO	
Especiales	Inspección horno antes de fundición	IE	1 semana antes de fundición. Notificación Departamento de Producción
	Inspección horno al concluir fundición	IF	2 días hábiles después de fundición
	Mantenimiento hogar horno	HO	1 semana después de fundición
	Mantenimiento crisoles y utillaje	CR	1 semana después de fundición

Fuente: elaboración propia.

5.4.3. Programación de actividades de mantenimiento

La programación se hace de forma anual, no importando el año en curso, esta programación se mantendrá vigente, debido a que la frecuencia permite esta premisa. Se establecen fechas tentativas que tendrán tolerancia de una semana, esta tolerancia es suficiente para solucionar inconvenientes que pudieran surgir con el Departamento de Producción.

Figura 24. **Primer semestre del programa anual de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Segundo semestre del programa anual de mantenimiento

JUL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	JUL
												PO				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
AGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	AGO
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
SEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	SEP
	CV														MD	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
OCT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	OCT
												EL				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
NOV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	NOV
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
DIC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	DIC
												PO				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	

Fuente: elaboración propia.

5.5. Control de mantenimiento

La evidencia del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo se obtendrá únicamente mediante la conservación física de las órdenes de mantenimiento ejecutadas y aprobadas, las cuales estarán bajo la responsabilidad del jefe de mantenimiento. Estas órdenes permitirán el cálculo de los índices de control de mantenimiento.

5.5.1. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento, además de brindar información que permite calcular el grado de cumplimiento que tiene el programa de mantenimiento, son una valiosa herramienta para medir la efectividad que tienen las rutinas. Puesto que es indispensable la utilización de indicadores para un correcto control del mantenimiento, Talleres de Fundación J. A. Ramírez utilizará los siguientes índices:

5.5.1.1. Disponibilidad

Este indicador proporciona información sobre el porcentaje de tiempo que el sistema o equipo está útil para producción. El tiempo que está fuera de servicio debe contemplar toda paralización por mantenimiento preventivo, desde el momento en que queda fuera de servicio hasta que es devuelto a producción.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total} - \text{tiempo fuera de servicio}}{\text{Tiempo total}}$$

5.5.1.2. Indicadores para evaluar la eficacia de las rutinas

Estos indicadores dan una evaluación de la eficacia que tienen las rutinas de mantenimiento, también permiten medir la eficacia con la que el personal asignado ejecuta las acciones. Se tendrán cinco diferentes indicadores, para poder tener un control y diseñar diferentes planes de acción, así buscar la mejora continua dentro de la empresa.

$$\text{Indicador A1} = \frac{\text{Número de averías repetitivas}}{\text{Número de averías totales}}$$

Este indicador permite identificar los fallos que ocurren con un menor período de frecuencia.

$$\text{Indicador A2} = \frac{\text{Número de averías sin localizar fallo justificativo}}{\text{Número de averías totales}}$$

Este indicador otorga información de averías que no han sido consideradas en las rutinas de mantenimiento y pudiesen requerir una rutina distinta a las contempladas. Este indicador es importante para seguir en el camino de la mejor continua que busca la empresa.

$$\text{Indicador A3} = \frac{\text{Paradas de producción por averías}}{\text{Horas teóricas de producción}}$$

El indicador A3 evalúa la repercusión de las averías en la actividad principal de la empresa, la producción. Es decir, mide el daño que puede provocar en la producción un mantenimiento mal ejecutado o la carencia del mismo.

$$\text{Indicador A4} = \frac{\text{Número de averías tras mantenimiento preventivo}}{\text{Número de averías totales}}$$

Este brinda una información clara para analizar la eficacia técnica y calidad de las rutinas preventivas.

$$\text{Indicador A5} = \frac{\text{Número de órdenes correctivas generadas en inspecciones}}{\text{Número total de órdenes de trabajo}}$$

Examina el impacto que están teniendo las actividades que no están consideradas en el plan de mantenimiento, pero que han sido encontradas al hacer las inspecciones preventivas que se realizan. Este indicador es clave para la retroalimentación del departamento sobre averías que pueden ser prevenidas al modificar las rutinas de mantenimiento o crear nuevas rutinas.

5.5.1.3. Control de indicadores

El control de los indicadores en Talleres de Fundición J. A. Ramírez se llevará de manera trimestral, debido a que tres meses se considera un lapso razonable debido a la naturaleza intermitente del proceso de producción.

Se establece como meta inicial tener el indicador de disponibilidad mayor al 0,9 y los indicadores para medir la eficacia de las rutinas menores al 0,1. Esta meta podrá variar con el tiempo, según el criterio del jefe de mantenimiento. El control se llevará a través del formato que se presenta a continuación.

Tabla V. Control de indicadores

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Control de mantenimiento preventivo Motivo de la tarea: Mantenimiento Preventivo Frecuencia: 3 meses Mes: _____ Fecha: _____ Hoja: 1/2		TALLERES J.A. RAMÍREZ 		
Equipo	Indicador	Meta	Real	Período pasado
Horno	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Caja de viento	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Elevador	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Polipasto	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Plataforma de carga	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla V.

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Control de mantenimiento preventivo Motivo de la tarea: Mantenimiento Preventivo Frecuencia: 3 meses Mes: _____ Fecha: _____ Hoja: 2/2		TALLERES J.A. RAMÍREZ 		
Equipo	Indicador	Meta	Real	Período pasado
GLP	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Motor Diesel	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Crisoles y palancas	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			
Otras herramientas	Disponibilidad			
	A1			
	A2			
	A3			
	A4			
	A5			

Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Historial de mantenimiento

El control histórico de las órdenes de trabajo estará a cargo del jefe de mantenimiento, este deberá asegurarse que el archivado de las órdenes de trabajo cumpla con los siguientes requerimientos:

- Las órdenes de trabajo, al ser almacenadas, deberán tener todos los campos completos y estar firmadas por el personal asignado para la tarea y por el jefe de mantenimiento.
- Las órdenes de trabajo deberán llevar adjunta la rutina de mantenimiento o el formato de inspección.
- Al momento de archivar las órdenes de trabajo estas deberán ser ordenadas primeramente por equipo intervenido y por fecha de realización.
- Se deberán de mantener las órdenes de trabajo con dos años de antigüedad, a partir de la última orden de trabajo entregada. Este período puede ser mayor sí el jefe de mantenimiento así lo considera, pero por ningún motivo puede ser menor.
- El historial de mantenimiento será almacenado en una carpeta que estará localizada en la oficina del jefe de mantenimiento.

5.5.3. Reprogramación de mantenimiento

En caso en que el equipo a intervenir no esté disponible para el mantenimiento preventivo, este se reprogramará con siete días de diferencia

máximo, sin necesidad de registrar una reprogramación. Sin embargo si el mantenimiento se debe realizar después de siete días, entonces se procederá de la siguiente forma:

- Si el mantenimiento se debe de reprogramar después de siete días con respecto a la fecha original de programación se deberá contar con la autorización del jefe de producción y del jefe de mantenimiento.
- Los campos de la orden de mantenimiento deberán ser completados. El jefe de producción y el jefe de mantenimiento deben firmar la orden de trabajo.
- En la parte inferior de la orden de trabajo se razonará el porqué de la reprogramación y se indicará la fecha en la que se realizará el mantenimiento. La fecha de reprogramación no puede superar los veintiún días a partir de la fecha original de reprogramación.
- La orden de trabajo de la reprogramación deberá llevar adjunta la orden de trabajo original al ser almacenada.

La disponibilidad de los equipos para el mantenimiento preventivo se verá relegada en caso de:

- Pedidos o entregas urgentes para clientes.
- Necesidad del equipo por demanda alta y bajo nivel de *stock* de producto terminado.
- Trabajos mayores de mantenimiento correctivo pendientes.
- Capacitaciones o visitas técnicas que no puedan ser reprogramadas.

5.6. Stock de repuestos

Se presenta en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Stock de repuestos**

TALLERES DE FUNDICIÓN J. A. RAMÍREZ			TALLERES J.A. RAMÍREZ	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				
Stock de repuestos				
Frecuencia: Mensual				
Mes: _____ Fecha: _____				
Equipo	Existencia	Stock mínimo	¿Cumple?	
			Sí	No
Galón aceite SAE W90		2		
Galón aceite Yantrol 32		1		
Galón aceite EP 90		1		
Galón solvente mineral		1		
Galón grasa EP 2		1		
Filtro de aceite motor diésel		1		
Filtro de aire motor diésel		1		
Filtro de combustible motor diésel		1		
Faja ACE B-75		2		
Faja SUPER B-68		2		
Fajas SUPER B-114		2		
Libra de electrodo 6013		5		
Pliego de lija 36		2		
Bolsa de <i>waípe</i>		5		
Tarro 100g de grasa NLGI-2		2		
Libra de electrodo 6013		5		
Quintal de arcilla		30		
Quintal de bentonita		20		
Libra clavo inoxidable de 2"		5		
Chumaceras caja de viento		2		
Metros de cable para el elevador		10		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Garantizar la calidad del servicio es la razón principal por la que Talleres de Fundición J. A. Ramírez busca establecer un programa de mantenimiento preventivo.
2. Un horno de cubilote es la unidad de fusión más utilizada para la fundición de hierro colado, puesto que tiene una alta eficiencia térmica, un bajo costo de funcionamiento y no requiere un mantenimiento exhaustivo.
3. Debido a la naturaleza ininterrumpida del proceso de fundición de hierro colado, la correcta programación de las actividades de mantenimiento permitirán tener disponibilidad de los equipos para la producción.
4. El correcto seguimiento de las rutinas de mantenimiento e inspecciones propuestas permitirá prolongar la vida útil del equipo y reducir los gastos en los que se incurre por mantenimiento.
5. El presente manual de mantenimiento sirve como guía para que el personal de Talleres de Fundición J. A. Ramírez tenga un fundamento técnico para desarrollar las actividades de forma estandarizada; además permite al jefe de mantenimiento llevar una correcta gestión de las actividades desarrolladas.

RECOMENDACIONES

1. El contenido del manual de mantenimiento busca servir de guía para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, por lo que deberá estar evaluándose anualmente para agregar o modificar detalles en las rutinas de mantenimiento.
2. Los índices de medición propuestos deben ser la base para la mejora del programa de mantenimiento propuesto. A su vez, el jefe de mantenimiento debe evaluarlos conjuntamente con el jefe de producción, para establecer si estos índices son suficientes o se debe agregar o modificar el sistema de medición.
3. El tener una bitácora de mantenimiento ofrece una mejor visión sobre los insumos tanto repuestos que necesita un equipo para su funcionamiento. Por lo tanto, el *stock* de repuestos deberá ser evaluado junto con el manual de mantenimiento, para garantizar la disponibilidad de refacciones cuando estas sean requeridas.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOLAÑOS FERNÁNDEZ, Gilberth. *El ABC del mantenimiento*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2005. 184 p. ISBN: 9977661723
2. ENRIQUE DÍAZ, Leonel Alberto. *Diseño del manual de mantenimiento preventivo de motogeneradores de energía eléctrica en EQUISEGUA*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 204 p.
3. FIGUEROA FUENTES, Mynor Roderico. *Manual para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 75 p.
4. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco. *Auditoría de mantenimiento e indicadores de gestión*. 2a ed. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U, 2014. 275 p. ISBN: 9789587621808.
5. GOLÓN VALENZUELA, Mynor Geovanni. *Diseño de un recuperador de calor para el horno tipo cubilote del Taller de Fundición, J. A. Ramírez*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 100 p.

6. HIGGINS, RAYMOND A. *Ingeniería Metalúrgica*. México: Compañía Editorial Continental, S. A., 1963. 493 p.