

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE UN HORNO DE INCINERACIÓN**

CLAUDIA ESPERANZA BARAHONA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCION DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2.015**

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE UN HORNO DE INCINERACIÓN**

CLAUDIA ESPERANZA BARAHONA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCION DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ
2.015**

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE UN HORNO DE INCINERACIÓN**

CLAUDIA ESPERANZA BARAHONA LÓPEZ

**Monografía como requisito para optar el título de especialista en
Gerencia de Mantenimiento**

DIRECTOR

Msc (C) ING. MIGUEL ANGEL URIAN

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCION DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ

2.015

Nota de aceptación

Presidente del Jurado:

Jurado:

Jurado:

Bogotá, Octubre de 2015

A mis hijas Andrea y Alejandra por permitirme dedicar el tiempo que les correspondía, a la realización de esta especialización.

CLAUDIA ESPERANZA BARAHONA LÓPEZ

AGRADECIMIENTOS

Le expreso mis agradecimientos:

A los Ingenieros Francisco Campos y Nelson Rojas profesores de la especialización, por dar a conocer su experiencia y conocimientos sobre mantenimiento.

A la Universidad ECCI por haberme brindado la oportunidad y el apoyo económico para realizar la especialización.

A la empresa ESA INGENIERIA S.A.S y a su Gerente el Ing. Edward Sotelo por su gran apoyo al permitir utilizar la información requerida para el desarrollo de este proyecto.

CLAUDIA ESPERANZA BARAHONA LÓPEZ

CONTENIDO

| | pág. |
|---|-------------|
| LISTA DE TABLAS | |
| LISTA DE FIGURAS | |
| LISTA DE ANEXOS | |
| RESUMEN | 1 |
| SUMMARY | 2 |
| INTRODUCCION | 3 |
| 1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 6 |
| 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 6 |
| 2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 6 |
| 2.3. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA | 6 |
| 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 7 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 7 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 4.1. JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 4.2. DELIMITACIÓN | 8 |
| 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 9 |
| 5.1. MARCO TEORICO | 9 |
| 5.1.1. Incineración | 9 |

| | |
|---|----|
| 5.1.2. Mantenimiento Preventivo | 15 |
| 5.1.2.1. Mantenibilidad | 17 |
| 5.1.2.2. Confiabilidad | 18 |
| 5.1.2.3. Disponibilidad | 19 |
| 5.1.2.4. Número de prioridad de riesgo | 21 |
| 5.2. ESTADO DEL ARTE | 22 |
| 5.2.1. Estado del arte local | 22 |
| 5.2.2. Estado del arte nacional | 26 |
| 5.2.3. Estado del arte internacional | 32 |
| 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 36 |
| 7. DESARROLLO METODOLÓGICO | 37 |
| 7.1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN | 37 |
| 7.2. ANÁLISIS DE DATOS | 38 |
| 7.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN | 41 |
| 7.3.1. Etapas y equipos de un proceso de incineración | 41 |
| 7.3.2. Elaboración de AMEF | 54 |
| 7.3.3. Formatos de mantenimiento correctivo y preventivo | 63 |
| 7.3.4. Actividades de mantenimiento de las etapas del horno de incineración. | 74 |
| 7.3.4.1. Inspección y Mantenimiento Preventivo. | 74 |
| 7.3.4.2. Inspección, Mantenimiento y Calibración. | 76 |
| 7.3.4.3. Mantenimiento quemadores | 77 |
| 7.3.4.4. Mantenimiento ductos | 78 |
| 7.3.4.5. Mantenimiento refractarios | 79 |
| 7.3.4.6. Mantenimiento ventiladores y turbinas | 80 |
| 7.3.4.7. Mantenimiento bombas | 84 |
| 7.3.4.8. Mantenimiento termocuplas | 85 |
| 7.3.4.9. Mantenimiento compresores | 85 |

| | |
|--|-----|
| 7.3.4.10. Mantenimiento estructura | 86 |
| 7.3.4.11. Mantenimiento lavador de gases en acero inoxidable | 86 |
| 7.3.4.12. Mantenimiento boquillas de aspersión | 87 |
| 8. FUENTES PARA LA OBTENCION DE LA INFORMACION | 90 |
| 8.1. FUENTES PRIMARIAS | 90 |
| 8.2. FUENTES SECUNDARIAS | 90 |
| 9. COSTOS | 91 |
| 10.TALENTO HUMANO | 93 |
| CONCLUSIONES | 94 |
| RECOMENDACIONES | 95 |
| BIBLIOGRAFIA | 96 |
| ANEXO1. NORMAS PARA EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS | 99 |
| ANEXO 2. DETALLE CALCULOS COSTOS | 105 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Escala de severidad, ocurrencia y probabilidad de detección | 21 |
| Tabla 2. Tipos de Investigación | 36 |
| Tabla 3. Datos para análisis | 38 |
| Tabla 4. Detección de fallas en la operación de un horno de incineración | 54 |
| Tabla 5. Tabla AMEF | 59 |
| Tabla 6. Cronograma de mantenimiento preventivo y calibración | 63 |
| Tabla 7. Tabla de revisión diaria | 67 |
| Tabla 8. Tabla de inspección diaria | 68 |
| Tabla 9. Registro de mantenimiento | 70 |
| Tabla 10. Solicitud de orden de trabajo | 71 |
| Tabla 11. Orden de trabajo | 72 |
| Tabla 12. Normas de seguridad en la operación y mantenimiento de un horno Incinerador. | 73 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Gráfico de análisis de datos | 39 |
| Figura 2. Combustor | 45 |
| Figura 3. Postcombustor | 46 |
| Figura 4. Quemadores Kromschroeder | 47 |
| Figura 5. Mecanismo de descarga de cenizas | 48 |
| Figura 6. Bypass | 48 |
| Figura 7. Ventilador centrífugo de inyección de aire | 49 |
| Figura 8. Ventilador centrífugo de tiro inducido | 50 |
| Figura 9. Ciclón seco | 51 |
| Figura 10. Lavador scrubber | 52 |
| Figura 11. Lavador final | 53 |

GLOSARIO

CÁMARA DE COMBUSTIÓN: Espacio del horno incinerador que realiza el primer proceso de combustión a una temperatura aproximada de 800 C.

CÁMARA DE POSTCOMBUSTIÓN: Espacio del horno incinerador en la cual se inyecta más aire para terminar la combustión incompleta que se generó en la cámara de combustión.

FALLA: efecto indeseable que provoca que un equipo o elemento deje de brindar el servicio que debería dar.

HORNO INCINERADOR: equipo que trabaja a alta temperatura (mayor a 800 C) utilizado para quemar desechos, está compuesto por una cámara de combustión y una de postcombustión.

INCINERACIÓN: Es el proceso físico-químico en presencia de oxígeno en el que mediante oxidación a alta temperatura (combustión) se transforma un residuo modificando su composición, peso, volumen y humedad.

RESIDUO PELIGROSO + O₂ -----> Gases (CO₂, N₂, O₂) + H₂O + Cenizas + Calor

MANTENIMIENTO: Conjunto de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones. El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación.

MANTENIMIENTO DE CAMPO (de arreglo): Este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.

MANTENIMIENTO CURATIVO (DE REPARACIÓN): Este se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla.

RESUMEN

PALABRAS CLAVES: Incineración, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento correctivo, confiabilidad, disponibilidad, criticidad, temperaturas, gases.

En esta monografía se explican cada una de las etapas de un proceso de incineración y de las características de los equipos requeridos para realizar el proceso, con base en ello, se plantea un plan de mantenimiento preventivo que permita mantener este equipo bajo las condiciones necesarias para que funcione adecuadamente y cumpla con las normas de seguridad, calidad y medio ambiente, asegurando tener la disponibilidad y confiabilidad adecuadas.

SUMMARY

KEYWORDS : Incineration , preventive maintenance , predictive maintenance , corrective maintenance , reliability, availability , criticality , temperature , gases .

In this paper explains each of the stages of incineration process and the characteristics of the equipment required to perform the process , based on this, a preventive maintenance plan that maintains this equipment under the conditions necessary for raises function properly and comply with the standards of safety, quality and environment, ensuring the availability and take appropriate reliability.

INTRODUCCIÓN

En los distintos procedimientos realizados a nivel industrial y hospitalario en Colombia, se generan residuos, que por sus características son considerados peligrosos o no peligrosos.

Dado el alto impacto ambiental provocado por los residuos peligrosos se requiere que éstos sean destruidos por medio de un proceso de tratamiento térmico o incineración, utilizado para disminuir el efecto causado por la contaminación, este proceso utiliza equipos conocidos como hornos incineradores que requieren un estricto plan de mantenimiento para su óptimo funcionamiento.

Las empresas encargadas de incineración de residuos, consideran que el valor de implementar un plan de mantenimiento para sus procesos, no es una inversión si no un costo adicional y por lo tanto la industria no pone en práctica la planeación de trabajos de mantenimiento adecuados, de ahí que nace la idea de investigar sobre el procedimiento para proponer un plan de mantenimiento preventivo de un horno incinerador.

Este plan permite demostrar a las empresas encargadas de los procesos de incineración, la importancia de tener un horno funcionando, obtener disponibilidad y confiabilidad para el desarrollo del proceso, evitando paradas causadas por fallas que ocasionen mantenimientos correctivos.

Al no implementarse un plan de mantenimiento el horno de incineración va deteriorándose y perdiendo su vida útil, lo que con el tiempo ocasiona pérdidas por producción, incumplimiento con los clientes que requieren del proceso, incumplimiento de la normatividad legal vigente, inseguridad para el personal y para el desarrollo del proceso y hasta el cierre de la empresa.

Estos costos de mantenimiento, se verán reflejados luego en las ganancias conseguidas al tener un horno de incineración funcionando en forma correcta.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE UN HORNO DE INCINERACIÓN

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las empresas incineradoras no realizan planes de mantenimiento, lo cual genera que los hornos de incineración no funcionen en forma correcta, se presentan entonces paradas en el proceso e incumplimiento en las normas de calidad, seguridad y medio ambiente lo que genera altos costos de producción, la pérdida de la licencia y el cierre de la empresa.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con base en lo escrito en la descripción del problema se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿qué se debe tener en cuenta para que un horno de incineración funcione en óptimas condiciones?

2.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo es el proceso de destrucción térmica de un residuo peligroso?

¿Qué características tiene cada uno de los equipos necesarios para realizar este proceso de destrucción térmica?

¿Qué se debe tener en cuenta en el funcionamiento de un horno de incineración?

¿Cuáles son las fallas que se pueden presentar en un proceso de incineración?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los pasos requeridos para proponer la forma como se debe realizar un plan de mantenimiento adecuado, para obtener la disponibilidad y confiabilidad que permitan mantener el funcionamiento del horno en óptimas condiciones.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer cuáles son las etapas de un proceso de incineración, los equipos requeridos en cada una de ellas y sus características.
- Realizar AMEF para determinar las causas de falla más representativas.
- Elaborar formatos de mantenimiento correctivo y preventivo de un horno incinerador que permitan recopilar datos estadísticos.
- Proponer las actividades de mantenimiento preventivo a aplicar en el horno incinerador.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza con el fin de que una empresa dedicada a la incineración, conozca las ventajas de implementar un plan de mantenimiento preventivo y realice sus procesos cumpliendo con las normas de calidad, seguridad y medio ambiente, lo que le permitirá ser competitiva en el mercado y asegurarle a los clientes la confianza para que envíen sus residuos a destrucción.

4.2. DELIMITACIÓN

Esta investigación tiene como limitante los recursos requeridos para su elaboración, ya que para poder establecer los pasos necesarios para proponer un plan de mantenimiento se debe tener un conocimiento claro y profundo del proceso y de los equipos utilizados. El funcionamiento de cada equipo difiere según las condiciones bajo las cuales se trabaja y por lo tanto se debe tener experiencia en el proceso como tal lo cual implica costos ya que se debe permanecer una planta de incineración observando cada uno de los procesos.

El tiempo es otro limitante puesto que luego de adquirido un horno de incineración y de hacer su arranque, se empiezan a presentar fallas que deben solucionarse y por lo tanto la empresa incineradora debe tener propuesto un plan de mantenimiento que permita realizar este mantenimiento de manera oportuna.

El sitio donde se debe realizar es otro limitante ya que estos procesos de incineración se hacen lejos de la ciudad puesto que la autoridad ambiental sólo otorga licencias a este tipo de industria en zonas fuera de la ciudad.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACION

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. Incineración

Es un proceso de oxidación química en exceso de oxígeno a altas temperaturas o proceso de combustión que se realiza a residuos industriales peligrosos y residuos hospitalarios para convertirlos en cenizas, gases de combustión, partículas y calor, lo cual se conoce como tratamiento térmico¹.

La incineración se lleva a cabo en equipos especiales llamados hornos y tiene como objetivo el tratamiento de numerosos tipos de residuos, reduce el volumen de los residuos en un 90 a 95%, disminuye el impacto ambiental, hay la posibilidad de recuperar energía, requiere de poca superficie de terreno pero genera ciertos inconvenientes, ya que no se pueden eliminar totalmente los residuos y es necesario disponer de un lugar para llevar las cenizas generadas, los gases del proceso deben ser tratados, para su funcionamiento es necesario un combustible, la inversión inicial del equipo es alta y durante el proceso se presentan averías al equipo el cual necesita de un estricto mantenimiento.

Para realizar el proceso es necesario controlar el tipo de residuos a incinerar. En caso de que la mezcla de residuos no se haya seleccionado previamente (residuo bruto), es más difícil controlar la incineración ya que se tiene una mezcla heterogénea de materiales y parte de estos pueden ser no combustibles. Otra opción es que los residuos se traten previamente, con lo cual se logra una mezcla

¹ Colin Baird, "Química Ambiental", Ed.Reverté S.A., 2001, Stanley E. Manahan, "Introducción a la Química Ambiental", Ed.Reverté S.A., (1ªEd.), 2007

homogénea de materiales combustibles (combustible derivado de residuos), de modo que el control de la combustión será mucho mejor.

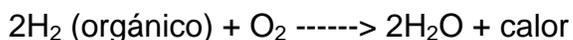
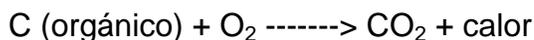
Para conseguir una incineración correcta de los residuos y una minimización de los gases contaminantes, se deben controlar, además del tipo de residuos, los siguientes parámetros:

- El tiempo de residencia de los residuos en contacto con el oxígeno dentro de la cámara de incineración (tiempo de retención).
- La relación entre las cantidades de oxígeno y de residuos que se mezclan.
- La temperatura.

El control de estos tres parámetros es imprescindible para una correcta incineración, y además están relacionados, de modo que si se varía uno, los otros se deben variar en la misma proporción para no perder la efectividad en la combustión.

Los elementos principales que se encuentran en los residuos son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre; también están presentes en pequeñas cantidades otros elementos como metales, halógenos, etc. los cuales generarán productos como: Cenizas (sólido), dióxido de carbono (gas), vapor de agua, ácidos halogenados de flúor, cloro, bromo, yodo, óxidos de azufre y nitrógeno, óxidos metálicos, hidróxidos de metales alcalinos, inquemados, óxidos de fósforo.

Bajo condiciones ideales, usando sólo la cantidad estequiométrica de oxígeno, las reacciones que se presentan son:





Pero en la práctica una cantidad estequiométrica de O_2 no es suficiente para el proceso de incineración, además el O_2 participa en todos sus estados de oxidación y esto sumado a que algunos productos de las reacciones de oxidación pueden reaccionar entre sí, las condiciones ideales no se mantienen y crea muchos problemas, en forma de contaminantes, en las plantas incineradoras.

La utilización de incineradoras como tratamiento de residuos produce una serie de emisiones gaseosas y de partículas, residuos sólidos (cenizas) y efluentes líquidos nada beneficiosos para el medio ambiente como son:

Óxidos de nitrógeno (NO_x): Los más importantes son NO y NO_2 . Los óxidos de nitrógeno son precursores de la formación de ozono (O_3) y nitratos de peroxiacilo (NPA), oxidantes fotoquímicos constituyentes del «smog» (niebla con humo), y contribuyen a la formación de aerosoles nítricos que causan lluvia ácida y niebla.

Dióxido de azufre (SO_2): Se forma por la combustión de materiales que contienen azufre. El SO_2 es un gas irritante para los ojos, nariz y garganta, y en altas concentraciones puede producir enfermedades o la muerte en personas afectadas de problemas respiratorios. El SO_2 es el principal responsable de la producción de lluvia ácida.

Monóxido de carbono (CO): Se forma cuando la combustión de materiales carbonosos es incompleta. Reacciona con la hemoglobina de la sangre para formar carboxihemoglobina (HbCO), que sustituye a la oxihemoglobina (HbO_2) que transfiere el oxígeno a los tejidos vivos. La falta de oxígeno puede causar dolores de cabeza, náuseas e incluso la muerte a concentraciones altas y durante un tiempo elevado.

Partículas: Se forman por combustión incompleta del combustible y por arrastre físico de los materiales no combustibles. Las emisiones de partículas causan

reducciones en la visibilidad y efectos sobre la salud que dependen del tamaño y de la composición de las mismas.

Metales: Algunos artículos como plásticos, revistas, pilas, etc., contienen elementos metálicos, estos pueden permanecer en las cenizas o ser emitidos por las incineradoras. Se ha observado la presencia de Cd, Zn, Sb, Ag, In y Sn en los gases de salida, así como también de Hg en menores concentraciones. La posibilidad de que un compuesto metálico se volatilice o bien forme partículas sólidas dependerá de su naturaleza química. En principio se pueden distinguir tres grupos diferentes de metales: 1- Grupo 1: Al, Ba, Be, Ca, Co, Fe, K, Mg, Mn, Si (semimetal), Sr y Ti. Estos elementos poseen elevados puntos de ebullición y, en consecuencia, no se volatilizan en la cámara de combustión de la incineradora. Forman parte de la misma matriz de las cenizas. 2- Grupo 2: As, Cd, Cu, Pb, Zn, Sb y Se (los dos últimos son semimetales), los cuales se volatilizan durante la combustión, pero condensan rápidamente cuando los gases de salida se enfrían, por lo que normalmente se encuentran en la superficie de las cenizas. 3- Grupo 3: Está formado por el Hg que se volatiliza y no condensa, por lo que este elemento tiene más probabilidad de escapar hacia la atmósfera. La localización de los metales (en la matriz o superficie de las cenizas, o en el efluente gaseoso), depende de su naturaleza química y también de la constitución de los gases de salida. La presencia de óxidos de azufre y de nitrógeno y/o de cloruro de hidrógeno, puede dar lugar a la formación de compuestos volátiles (sulfatos, nitratos o cloruros metálicos), que alteran la volatilidad de los metales. Debido a la posible toxicidad de los efluentes vertidos durante la incineración, el control que se debe realizar ha de ser exhaustivo.

Gases ácidos: La incineración de residuos que contienen flúor y cloro genera gases ácidos, como el fluoruro y el cloruro de hidrógeno. Se encuentran trazas de flúor en muchos productos, mientras que el cloro se localiza en los plásticos, sobre todo en el policloruro de vinilo, y en el poliestireno y el polietileno, que suelen llevar aditivos que contienen cloro.

Dioxinas y furanos: La emisión de compuestos orgánicos de la familia de las dioxinas y furanos (que pueden emitirse en forma gaseosa y/o adsorbidas sobre las partículas), las dioxinas son unos compuestos orgánicos clorados pertenecientes a la familia de las policlorodibenzodioxinas (PCDD). Su molécula está formada por una estructura de triple anillo en la que dos anillos de benceno están unidos por un par de átomos de oxígeno. Un furano es un miembro de la familia de los policlorodibenzofuranos (PCDF), con una estructura química similar, excepto que los dos anillos de benceno están unidos por un solo átomo de oxígeno. La importancia de las familias PCDD y PCDF de compuestos orgánicos radica en que algunos de sus isómeros se encuentran entre las sustancias más tóxicas que existen. Los PCDD y PCDF son emitidos en bajas concentraciones desde los sistemas de incineración que queman residuos urbanos. Hay algunas evidencias que demuestran que estas sustancias se producen en todos los procesos de combustión. Se han propuesto tres fuentes de dioxinas y furanos en las emisiones procedentes de la incineración de residuos urbanos: 1- Presencia en los residuos. 2- Formación durante la combustión debido a los compuestos aromáticos clorados que actúan de precursores. 3- Formación durante la combustión por la presencia de compuestos hidrocarbonados y cloro. Una de las causas más probables de la generación de dioxinas y furanos en la incineración es la formación a partir de sus precursores orgánicos en las zonas más frías de la post-combustión, por la acción del cloruro de hidrógeno que se genera durante el proceso. Ello favorece la formación de un agente clorante que, en contacto con los compuestos aromáticos presentes, dan lugar a este tipo de compuestos. El rango de temperaturas en el cual se forman las dioxinas en la superficie de las partículas de ceniza es de 250 a 400°C, con un máximo a 300°C. Por esta razón se aconseja que, en las zonas de post-combustión, la temperatura disminuya bruscamente, con el fin de no dar tiempo a la formación de dioxinas. Para evitar la emisión a la atmósfera de las dioxinas que hayan podido formarse durante la incineración se suele inyectar carbón activado en polvo, que es un buen adsorbente de este tipo de compuestos.

PAHs: Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son compuestos orgánicos análogos al benceno que contienen anillos aromáticos de seis miembros conectados entre ellos mediante la compartición de un par de C adyacentes, lo cual da lugar a anillos fusionados. Se forman al quemar parcialmente materiales que contienen carbono, por tanto son productos de una mala combustión. Estos compuestos son comunes en la atmósfera de las ciudades y su existencia es preocupante porque muchos son cancerígenos como el benzo[a]pireno o el benzo[a]antraceno.

Una planta incineradora está formada por:

Depósito donde se introducen los residuos que se van a tratar.

Horno de combustión donde se introduce la cantidad necesaria de aire.

Depósito de cenizas y escorias

Cámara de post-combustión a dónde van los gases de combustión los cuales salen hacia unos equipos de control de contaminación de aire.

Equipos de control: ciclones, lavador de gases, filtros y de aquí salen los gases limpios y a baja temperatura hacia la atmósfera por la chimenea y las cenizas solidas que se han formado, son arrastradas por agua hacia otro depósito para su posterior tratamiento.

Los incineradores actuales usan un horno, construido de material refractario, en el cual se queman los residuos a una temperatura comprendida entre 950°C y 1.200°C. El residuo que queda de la combustión se recoge por la parte inferior del horno, mientras que los gases generados son conducidos a una cámara secundaria de combustión. Esta cámara asegura una mezcla eficiente del aire de combustión con el combustible extra que en ocasiones se añade y también proporciona el tiempo de residencia necesario para homogeneizar el caudal de

aire. En la cámara secundaria, que trabaja a unos 1.000°C, los gases se terminan de quemar. El tiempo de residencia en esta cámara suele ser de unos 2 a 4 segundos. Los gases de salida además de poseer una temperatura baja, deben estar exentos de contaminantes. Para disminuir la generación de contaminantes, es importante controlar los gases de la parte superior del horno, que es donde se producen el CO, los NOx y otros compuestos antes vistos. Los NOx se forman donde hay más exceso de oxígeno y las temperaturas son más elevadas. El CO se genera en las zonas más frías y donde hay falta de oxígeno. Para controlar la contaminación atmosférica, la planta incineradora puede incluir, por ejemplo, la inyección de amoníaco en la propia zona de combustión para controlar los óxidos de nitrógeno, una depuradora seca o húmeda (por ejemplo, con lechada de cal) para controlar los óxidos de azufre y un filtro de mangas para separar partículas. Los gases limpios se conducen a la chimenea para salir a la atmósfera. Las escorias procedentes de la combustión, con las cenizas formadas en la cámara de post combustión y las cenizas volantes procedentes del filtro de mangas son tratadas para su disposición final.

5.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo planificado se logra realizando la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, las cuales deben realizarse en forma periódica según un plan establecido y no según a la demanda del operario.

El fin es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

Con el mantenimiento preventivo se logra:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Para llevar a cabo el mantenimiento preventivo, se deben seguir ciertos pasos:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

Para realizar un plan de mantenimiento es necesario tener en cuenta tres conceptos básicos o indicadores de gestión que definen el programa a seguir:

5.1.2.1. Mantenibilidad

La mantenibilidad es la característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica. (Maintainability, Internet, 1998).

Mantenibilidad es un parámetro de diseño y el mantenimiento es requerido como una consecuencia del diseño. (Moore, Internet, 2001) (Blanchard y otros, 1995,1)

La mantenibilidad es la rapidez con la cual el funcionamiento defectuoso o las fallas presentes en los equipos son diagnosticadas y corregidas (Dounce, 1998, 134).

La mantenibilidad puede definirse según una combinación de factores como:

Una característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que un elemento sea conservado o recuperado en una condición especificada, a lo largo de un período dado del tiempo empleado en el mantenimiento.

Una característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que no se necesitará mantenimiento varias veces en un período dado, cuando se opera el sistema de acuerdo con los procedimientos prescritos.

Una característica de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que el costo de mantenimiento de un sistema no supere una cantidad de dinero especificada, cuando se opera el sistema de acuerdo con procedimientos prescritos.

Aunque estas tres maneras de medir la mantenibilidad son viables, la metodología más usada en la práctica es la basada en el tiempo empleado en mantenimiento (Knezevic, 1996,48).

La mantenibilidad se relaciona directamente con la funcionalidad por medio de la duración de la tarea de mantenimiento que llevará al equipo del estado de fallo SoFa¹ de nuevo a su estado de funcionamiento SoFu².

La mantenibilidad depende de factores como: la habilidad del personal de montajes y de mantenimiento, la preservación, el tiempo de ejecución, la operación de los equipos, la ejecución de tareas, la eficacia de los equipos de prueba, y la facilidad de acceso a los equipos (Dounce, 1998, 135).

El tiempo medio para reparar, MTTR³ por su naturaleza depende de la frecuencia con que fallan los componentes que sean reparables o reemplazables del equipo y los tiempos que tarda en repararse éste (Kececioglu, 97-98).

5.1.2.2. Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo no falle bajo condiciones de operación establecidas para un periodo determinado (Parra, 1999,25).

¹ State of functioning – *Estado de funcionalidad*. (Webster's, 1984, 760).

² State of failure – *Estado de fallo* (Webster's, 1984, 760).

³ *Mean Time To Repair*, Tiempo Medio De Reparación

La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñado, bajo las condiciones de operación dadas y durante el período de tiempo especificado (Rey, 1996,158) (Forcadas, 1983, 37).

Cuando se sabe que la confiabilidad es perfecta (el equipo nunca va a fallar) o es cero (cuando el equipo nunca va a funcionar) (Leemis, 1995,3).La confiabilidad debe ser medida basándose en pruebas o ensayos a través del tiempo y bajo condiciones de operación muy similares en las cuales el equipo va a funcionar en la realidad (Rojas, 1975,1).

La confiabilidad se centra en la cantidad de tiempo en que el producto continuará funcionando después de entrar en operación. Una alta calidad del producto implica una alta confiabilidad, de la misma manera Una baja calidad implica una baja confiabilidad (Reliability Internet, 1998).

5.1.2.3. Disponibilidad⁴

Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo y tiempo logístico (Nachlas, 1995,154) (Smith, 1986, 156).

La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un equipo. La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para

⁴ La traducción en inglés es Availability.

lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el segundo es construir los equipos extremadamente confiables, y por lo tanto, demasiado costosos que nadie los compraría. (Knezevic, 1996, 27)

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una alta confiabilidad no es suficiente por sí misma para asegurar que el sistema estará disponible cuando se necesite (O'Connor, 1989,134).

La disponibilidad es una medida muy importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad (Knezevic, 1996, 27).

Los factores que más afectan la disponibilidad son la confiabilidad y la mantenibilidad. Estas son características inherentes al equipo, pues son definidas en la fase de diseño, pero después afectan a la carga de trabajo de mantenimiento

La confiabilidad de una unidad es la probabilidad de desarrollar una función específica, bajo unas condiciones específicas, durante un tiempo específico. Una de las formas de medir la confiabilidad es el tiempo medio entre fallas (TMEF).

La mantenibilidad de una unidad, una característica del diseño y de la instalación, ha sido definida como la probabilidad de que sea restablecida a una condición específica, dentro de un período de tiempo dado, usando recursos determinados.

Puede ser medida en términos de tiempo medio de reparación (TMDR) o tiempo medio de mantenimiento preventivo (TMMP).

De esta forma puede modificarse el cálculo de la disponibilidad relacionada con el mantenimiento.

Dado su origen, las causas de una baja confiabilidad o mantenibilidad, sólo se pueden eliminar mediante un rediseño de ingeniería, lo cual en muchas empresas no es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

Otros tiempos que influyen en la disponibilidad y que normalmente no están bajo el accionar del personal de mantenimiento, son los tiempos de parada y los debidos a falta de repuestos, recursos o información.

5.1.2.4. Número de prioridad de riesgo

El número de Prioridad del Riesgo (NPR) es una herramienta para determinar las acciones prioritarias para realizar el mantenimiento a un equipo. ([http://blog.enrimusa.com/Febrero 12, 2013](http://blog.enrimusa.com/Febrero%2012) Enrique Muñoz

El NPR se apoya en el llamado método GOD (SOD según definiciones), el cual separa las diferentes acciones a realizar según su gravedad (severidad), ocurrencia y posibilidad de detección.

A estas tres variables les da una escala de valores del uno al diez, según la tabla.

Tabla 1. Escala de severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.

| Intervalo | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (P) |
|-----------|---|--|--|
| 10-9 | Efecto principal/ Muy alta severidad | Muy alta probabilidad de ocurrencia | Prácticamente imposible de detectar |
| 8-6 | Inconveniente mayor | Alta probabilidad de ocurrencia | Baja capacidad de detección |
| 5-3 | Inconveniente menor | Moderada probabilidad de ocurrencia | Alta capacidad de detección |
| 2-1 | Mínimo efecto/Sin efecto | Baja probabilidad de ocurrencia | Muy alta capacidad de detección |

Fuente: Tomada de [http://blog.enrimusa.com/Febrero 12, 2013](http://blog.enrimusa.com/Febrero%2012,%202013) Enrique Muñoz

Por lo tanto una falla que tiene una severidad muy alta (9-10), una posibilidad muy alta (9-10) y que sea muy difícil de detectar (9-10), es una falla crítica.

El NPR es el producto de estos tres conceptos, de tal forma que su valor máximo será 1000.

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{P}$$

Severidad ó Gravedad: Es el riesgo que presenta una falla desde el punto de vista económico, de seguridad, de medio ambiente, de mantenimiento, de calidad o de producción.

Ocurrencia: Posibilidad con la cual ocurre una falla

Detectibilidad : Es la facilidad o dificultad de determinar la falla.

Con estos conceptos se realiza el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF).

5.2. ESTADO DEL ARTE

5.2.1. Estado del arte local

- En el año 2010 en la Universidad ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento (TGM 13) los ingenieros Carreño Daza, Marving Leonel y Gómez Díaz John Alexander con la monografía IDENTIFICACION Y ANALISIS DEL COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CONCENTRADORES DE OXIGENO DE LA EMPRESA CRYOGAS S.A. investigaron sobre los costos que se generan en el área de mantenimiento de la empresa Cryogas, ocasionados por los el mantenimiento dentro y fuera de la empresa de los concentradores de oxígeno, utilizados por los pacientes con deficiencias respiratorias, los cuales no se venían calculando y propusieron determinar el presupuesto para el mantenimiento de los equipos médicos de la empresa y de esta forma tener sus procesos estandarizados, con lo cual lograron digitalizar la información, actualizar la base de datos y generar un presupuesto anual que permitiera conocer la relación costo beneficio. mantenimiento de los equipos.
- En el año 2010 en la Universidad ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento (TGM 009) los ingenieros García Benavides Pedro Eladio y Solano Bauque Guillermo Ramiro en la monografía PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEN LA INDUSTRIA DE PLASTICOS RUCITO LTDA. Investigaron sobre qué tipo de mantenimiento permite reducir paradas inesperadas de las inyectoras de la empresa de plásticos Rucito Ltda. ya que la empresa no realizaba mantenimientos preventivos lo que había generado daños en las máquinas, de forma que se tenía que hacer mantenimientos correctivos permanentes y la gerencia no había dedicado presupuesto para mantenimiento ya que lo consideraba un gasto innecesario. Propusieron entonces un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas inyectoras conformado por instructivos, procedimientos, formatos y programación para los mantenimientos, realizaron el estudio de los costos de ese momento y establecieron un nuevo presupuesto al implementar el mantenimiento preventivo.

En el estudio de costos observaron una reducción notable ya que al aplicar el mantenimiento preventivo se reducían las paradas de máquina y se aumentaba la producción, presentaron además un estudio de aplicación de nuevas tecnologías como el análisis de aceites y la aplicación de la termografía como apoyo al mantenimiento preventivo.

Diseñaron el manual de funciones y estudio de cargos de lo cual lograron la contratación de la persona encargada del mantenimiento. Realizaron el plano de distribución de la planta, la implementación del uso de los elementos de seguridad y establecieron las ventajas del mantenimiento preventivo.

- En el año 2014 en la Universidad ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento los ingenieros Rodríguez Benitez Lilian Yasmith y Sánchez Castellanos Juan Camilo en la monografía ANÁLISIS DE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL CICLO DE VIDA DE LAS BOMBAS PCP DE EXTRACCIÓN DE CRUDO PESADO BASADO EN LA NORMA ISO 55000 investigaron sobre cómo determinar cuáles son las actividades necesarias para gestionar las etapas de operación y mantenimiento de bombas PCP utilizadas para la extracción de crudo pesado, basados en la norma ISO 55000 y propusieron que las empresas que utilicen estas bombas, establezcan un programa de capacitación donde el personal de mantenimiento esté informado e involucrado de forma constate con la manipulación y mantenimiento de las bombas PCP, que el personal realice un informe de lecciones aprendidas y así resuelva problemas en menor tiempo, que el personal pueda determinar las causas de los problemas de las bombas PCP para disminuir las fallas de estos equipos. Con esta monografía ellos lograron determinar cuál era y como se desarrollaba el ciclo de vida de las bombas PCP en la etapa de operación, determinaron cuáles son los problemas que se generan con más frecuencia

en las bombas PCP e identificaron cuál es el plan de mantenimiento y el paso a paso que se debe desarrollar, cuando este tipo de bombas fallen.

- En el año 2011, en la Universidad ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento los ingenieros Jimenez Lara Fabio Enrique y Romero Benitez Edilberto en la monografía DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL Y MANEJO AMBIENTAL APROPIADO DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS DE BUSES DEL SISTEMA DE TRANSMILENIO investigaron acerca de los residuos generados por los vehículos del sistema Transmilenio especialmente en el mantenimiento y determinar áreas adecuadas para realizar el almacenamiento, control y manejo de los residuos temporalmente, con lo que buscaban determinar las cantidades de residuos generados en esta actividad a partir de la información suministrada por Transmilenio, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Secretaria de Medio Ambiente y el IDEAM de tal manera, que con estos datos se determine por extrapolación la cantidad de los residuos generados en el mantenimiento de flotas en proyectos similares, se pueda procesar los datos mediante hojas de cálculo electrónico y aplicar teorías de inventarios para su manejo. En esta monografía pudieron determinar el tipo de residuo generado por corriente de residuos según clasificación por normatividad y cantidad de cada tipo de residuo de los años 2007, 2008 y 2009, así como su clasificación de residuo aprovechable o no aprovechable.
- En el año 2013 en la Universidad ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento los ingenieros Castiblanco Gómez Emigdio y López Díaz Edwin Orlando en la monografía FORMULACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA DE PERFORACIÓN PETROLERA AL INICIO DE SUS LABORES, investigaron sobre qué se requiere para estructurar la gestión de mantenimiento en una compañía de

perforación de pozos petroleros que hasta ahora esté iniciando labores y obtuvieron proponer los procedimientos, formatos y según el análisis de costo ésta propuesta encontraron que esta propuesta es viable ya que la inversión necesaria para el desarrollo de la misma es rápidamente alcanzable en medio turno de perforación teniendo en cuenta que la empresa ya esté laborando en campo. El trabajo de los indicadores de mantenimiento se plantearon en el control de Disponibilidad, Confiabilidad, MTBF, MTTR y backlog porque es con lo mínimo que debe contar la compañía perforadora a la hora de direccionar sus actividades de mantenimiento. No trabajaron en proponer indicadores de Costos de Mantenimiento, ya que en éste tipo de compañías los costos los maneja el Director Financiero.

Recomendaron el desarrollo de la propuesta ya que con ésta se dan las directrices funcionales para llevar los registros de las actividades o eventos en el área de mantenimiento de una empresa perforadora de pozos petroleros, y también los pilares bases para que la compañía busque en su momento ser certificada por el R.U.C y OHSAS así como la necesidad de llevar el control de costos de mantenimiento por medio de indicadores porque con ellos el departamento de mantenimiento podrá re direccionar o reprogramar en su momento las actividades de mantenimiento con el ánimo de contribuir efectivamente a la compañía en el manejo de los recursos del área.

5.2.2. Estado del arte nacional

- En el año 2.000 en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, el Ingeniero Zuluaga López Orlando con la monografía MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES EN UNA

AEROLÍNEA COLOMBIANA investigó sobre las guías o modelos a seguir en la formación de líderes y equipos de trabajo para la ejecución del mantenimiento de línea y base, sobre la función de la planeación y del control de mantenimiento, como herramienta básica para el logro de los objetivos de la organización técnica y aporte al cumplimiento de la visión de la compañía, sobre la división de funciones operativas en el centro de control de mantenimiento y simultáneamente la integración de sus procesos con otras áreas de la compañía, con las cuales se desarrollara el centro de integración del control de las operaciones aéreas y el cálculo de índices específicos de la industria aérea para medir la gestión de mantenimiento, los cuales actúan como elementos de verificación y sirven para ejercer el control sobre la gestión en el cumplimiento de metas u objetivos, bien sea ajustándolos o planteando otras estrategias que lleven a la organización al cumplimiento de su misión y según esto propuso una guía para el desarrollo de un esquema de la gestión administrativa del mantenimiento aeronáutico, en el que el mantenimiento sea ejecutado por equipos de trabajo en los que el concepto teórico de liderazgo y trabajo en equipo sea una realidad. Avianca venía desarrollando desde hace tres años estos equipos, se había avanzado, pero este es un proyecto a largo plazo; por ejemplo se puede decir que los equipos comenzaron como un tipo de equipos informales o designados por la administración y en ese momento se podían caracterizar como equipos dirigidos a la solución concreta de un proceso. El futuro es la evolución de estos, hasta llegar a la caracterización de equipos auto-dirigidos, en los diferentes procesos que conforman el mantenimiento aeronáutico, donde toda la gestión sea ampliamente entendida por todos los elementos de un gran y único equipo llamado mantenimiento, integrado a los procesos que mueven la organización entera; todo esto tendrá como objetivo final, el cumplimiento de la visión de la compañía. El proyecto dio un gran despliegue al proceso de la planeación y el control del mantenimiento de base y algunos servicios del mantenimiento de línea,

factor crítico en Avianca, porque de su buena o mala gestión, como parte integral del sistema, depende el resultado total de todo el proceso. Se puede decir que todo el proceso es la perfecta integración de todos los conceptos expuestos en aspectos de procesos, personas, organización, regulaciones, equipos, etc., con la herramienta de la planeación y el control. Propuso la división de los controladores MCC en dos grandes especialidades o funciones, independientes de su asignación a determinado tipo de flota, con las ventajas que esto trae para la operación aérea del día a día de la compañía y a la disminución de los problemas recurrentes o continuados en los diferentes tipos de flotas. En lo concerniente al control de la gestión de mantenimiento, propuso una serie de índices de gestión, los más representativos de la imagen de la división técnica de la empresa ante la alta gerencia y que se puede resumir en una sola palabra; "cumplimiento". Propuso por ejemplo índices de reportes transferidos, de problemas recurrentes y el nivel de entrenamiento y capacitación que la organización debe de dar a sus técnicos, para cada uno de ellos definió un registro técnico. Todo lo anterior, se tiene que dar en el área técnica de la organización del mantenimiento aeronáutico, dentro del marco legal. Las normas vigentes dadas por las autoridades nacionales y extranjeras para las aerolíneas, en este caso, AVIANCA

- En el año 2001 en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento los ingenieros Flechas Villamil Jairo y Orjuela Pérez Hernán con la monografía ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS APLICADO AL CENTRO DE CÓMPUTO DE LA BIBLIOTECA LUIS ÁNGEL ARANGO investigaron la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) en el Centro de Cómputo de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la

República, con el fin de identificar las políticas óptimas de mantenimiento para garantizar el cumplimiento de los estándares de funcionamiento deseados.

La monografía se inicia con la contextualización del Centro de Cómputo y su entorno operativo, tratándose una reseña histórica de la Biblioteca, los recursos y los equipos instalados en el Centro de Cómputo, plantearon el marco teórico de MCC y los métodos y técnicas para el análisis de modo de fallas, realizaron una breve historia del MCC, la definición del alcance y el planteamiento de la metodología de análisis de los modos y efectos de fallas que se aplicarán a los sistemas de soporte de la Biblioteca Luis Ángel Arango, del Banco de la República, indicaron la implementación de la metodología MCC, realizaron el diligenciamiento de los formatos AMEF para los equipos de aire acondicionado y la planta eléctrica de emergencia, definiendo las funciones, los criterios de funcionamiento, determinando las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de falla, con base en los resultados obtenidos, plantean estrategias y necesidades específicas para el plan de mantenimiento a seguir, el plan propuesto busca asegurar la confiabilidad de la instalación.

Como complemento a este estudio, proponen adelantar el Análisis de criticidad de los equipos, con base en el cual se definiría con mayor precisión el alcance de nuevos programas de mantenimiento.

Mejor trabajo de grupo, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones. Esto mejora la comunicación y la cooperación entre los departamentos de producción y operación así como los de la función del mantenimiento, del personal de diferentes niveles: los gerentes, los jefes de departamentos, técnicos y operarios, y de los especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

- En el año 2.000 en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, el ingeniero Zambrano Piñeros Henry Elías con la monografía DISEÑO DE UN MODELO GERENCIAL DE SERVICIOS PARA EL SECTOR AUTOMOTOR BOGOTANO investigó sobre un modelo administrativo para un centro de mantenimiento automotriz, enfocado hacia el servicio al cliente y la optimización de los recursos. Su argumento se centra en la necesidad de que las empresas dedicadas a prestar este servicio cambien sus modelos tradicionales y adopten unos nuevos cuyo eje sea el mejoramiento continuo y la innovación tecnológica para así lograr verdaderas ventajas competitivas que les permitan mantenerse en un mercado tan competido y lograr satisfacer a unos clientes cada día más exigentes. En el modelo que presenta hace una descripción de las características de cada cargo dentro de la organización, para poder tener claro las funciones que debe desempeñar cada persona y su grado de compromiso con los objetivos y políticas de la empresa. Enmarca las tareas de mantenimiento dentro de un proceso definido con el ánimo de hacer una planeación apropiada a cada uno de los trabajos que vayan a realizar. Establece las condiciones necesarias para el mejoramiento de las relaciones con los proveedores y poder mantener alianzas estratégicas necesarias para mejorar la calidad de los servicios. Identifica los requerimientos de un centro de servicio automotriz que desee implementar un sistema computarizado para la administración del mantenimiento. Establece la importancia de la capacitación del personal y define el tipo de capacitación que se debe dictar. La reactivación económica de los concesionarios está sujeta a la capacidad de reestructuración de los procesos de mantenimiento que actualmente desarrollan estos centros de servicio. El potencial de clientes de los concesionarios de vehículos es alto, pero no utilizan este servicio debido a los altos costos. Los costos en mano de obra y repuestos de los

concesionarios son justificados con la calidad en servicio y la buena atención. El trabajo en los concesionarios tiene mayor valor agregado para el cliente. Para implementar el sistema de información computarizado es necesario tener organizado los procesos y el personal culturizado en el manejo de la información. La capacitación del personal de mantenimiento es la fórmula para obtener un servicio altamente calificado. De las alianzas con los proveedores y contratistas el mayor beneficiado es el cliente. La innovación en los procesos de mantenimiento es fundamental para atraer a los clientes.

- En el año 2.000 en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, sede Bucaramanga el ingeniero Urrea Rodríguez Ángel con la monografía DIAGNÓSTICO PRECOZ DE FALLAS EN LOS EQUIPOS INDUSTRIALES investigó algunos de los principales aspectos de las fallas en los equipos, su detección mediante pruebas o la tecnología predictiva y su proyección en el desarrollo industrial y el contexto del conocimiento.

Con el fin de penetrar suficientemente en el proceso de fallas en las máquinas desde las debilidades estructurales metálicas de los órganos pasando por el juego mecánico de esfuerzos, resistencias, ambientes y demás condiciones incidentes que finalmente producen la falla a la cual una vez establecida se trata de eliminar o al menos minimizar su efecto adverso mediante la implementación y uso de las técnicas que presupone el diagnóstico precoz de fallas.

El empleo de esta técnica en el medio industrial es incipiente dado el pragmatismo al que relega la tecnología tradicional que no tiene en cuenta un desarrollo integral y a largo plazo. Y concluye que entre los beneficios que aporta la técnica predictiva están el aumento de la seguridad industrial, en la productividad, y tal vez uno de los más representativos, cuál es la

disminución de costos en el mantenimiento rutinario de acuerdo a estudio realizado por una empresa especializada y la longevidad de los equipos.

- En el año 2007 en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Ambiental, el Ingeniero Rivas Diego Armando con la monografía METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS (PMIRS) BASADO EN UN SISTEMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO PHVA (PLANEAR-HACER-VERIFICAR-AJUSTAR) EN MANUELITA S.A. investigó sobre cómo formular e implementar una metodología basada en un ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Ajustar) para manejar, controlar y disponer adecuadamente los residuos generados en el ingenio Manuelita y propuso: involucrar al personal del Ingenio en Procedimientos normalizados de manejo y disposición final de residuos, o en cualquier otra actividad encaminada a mitigar la generación masiva y el inadecuado manejo de los residuos sólidos que se generan y a la gerencia para que exista un compromiso serio, que apruebe una metodología de Gestión, que la conozca, que crea en ella, que la incluya dentro de sus procesos de Mejoramiento Continuo, que la avale no sólo verbal sino financieramente y que se encargue de socializarla a todo el ingenio y sobre todo que le saque un tiempo para evaluar periódicamente; en este sentido es notorio lo útil que resulta manejar un PMIRS desde un ciclo PHVA. Se logró que la empresa realizara todo el proceso de gestión desde la generación del residuo, hasta su disposición final, capacitación del personal sobre residuos reciclables y no reciclables, clasificación en la fuente por áreas de todo los residuos e implementación de un plan de manejo ambiental de residuos.

5.2.3. Estado del arte internacional

- En el año 2012 en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Mecánica Escuela De Ingeniería De Mantenimiento En Riobamba Ecuador Los Ingenieros Abarca Sigcho Diego Fernando e Iglesias Vasco Francisco Javier con la monografía ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC C.A. investigaron sobre el estado en que se encontraban operando los motores para dar un diagnóstico de los equipos en mención, conocer los problemas que generan las altas temperaturas en los componentes para así evitar paros imprevistos y pérdidas de la producción y proponer una solución.

El estudio contempla, conceptos teóricos, funcionamiento de la cámara termográfica, conocimiento del software para el análisis de las imágenes infrarrojas, efectuando los monitoreos de los equipos de la planta, elaboración de reportes de termografía estableciendo comentarios y recomendaciones a cerca de lo que se debe realizar de las imágenes. Contiene recopilación de información técnica de las máquinas en la planta de producción especialmente de los motores eléctricos, la codificación de los equipos, el análisis de criticidad en todo el proceso de producción de la planta, la correcta estructuración de las rutas de inspección y la elaboración del plan de mantenimiento.

Con base al análisis efectuado y a los datos recopilados en cada uno de los motores del Centro Productivo se implementó una adecuada Planificación del Mantenimiento Predictivo basada en los factores que ayudaron en la detección de problemas, se recomienda tanto al personal administrativo como técnico la utilización de este trabajo investigativo como fuente de consulta, para lograr evitar daños imprevistos y alcanzar un óptimo rendimiento y eficiencia de la maquinaria.

- En el año 2012, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, los Ingenieros Espinoza Espinoza Luis Alberto y López Naranjo Elena del Rocío, con la monografía IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA, PARA EL PROCESO PROFESIONAL DEL CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO AL PARQUE AUTOMOTOR DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN CEVALLOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA realizaron un estudio de cómo disminuir tiempos, costos de operación y paradas innecesarias de vehículos, con el software SisMAC. Con este software también se mejoró la gestión administrativa y de control del talento humano inmersa en el taller automotriz y a los conductores. Luego de realizar este estudio dio como resultado la disminución del gasto en el mantenimiento preventivo en un 9,26%.
- En el año 2010, en el Instituto Politécnico Nacional en México D.F, el ingeniero Villa Vilchis Víctor Alfonso, con la monografía CRITERIOS Y PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO INTEGRAL EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES, EQUIPOS ELÉCTRICOS E INSTALACIONES encontró que existe una gran cantidad de literatura acerca de mantenimiento, debido a la necesidad y gran variedad de equipos, instalaciones, vehículos impulsados por motor de combustión, máquinas y motores eléctricos, torno, y equipos utilizados en las industrias, todo esto es con la finalidad de obtener el máximo rendimientos de los equipos y alargar su tiempo de vida, criterios que determinas las capacidades y alcances máximos de trabajo, para los que están diseñados. En esta monografía propuso los puntos que cree que influyen directamente en el rubro de mantenimiento, estos enfocados tanto a las máquinas como al personal que interviene en este, ya que en cuestiones financieras el

mantenimiento se ve como un gasto, y cada disminución de costos es beneficioso para la empresa.

- En el año 2002, en la Universidad Mayor De San Marcos en Lima, Perú, la Ingeniera Industrial Tiburcio Rodríguez Veronika, con la monografía “MRP II APLICADO AL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL” presentó como objetivo principal mejorar el control de las solicitudes de mantenimiento, programando las órdenes de mantenimiento con el mismo concepto de producción, a través de la teoría del MRPII y con esto logra reducir el almacén al stock mínimo necesario. En una de sus conclusiones, dice que toda empresa para lograr una óptima producción debería aplicar la filosofía MRPII al Mantenimiento Productivo.
- En el año 2009, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Guayaquil, Ecuador, las ingenieras Cabrera Mendoza María Fernanda y Vargas Duchitanga Evelyn Verónica, con la monografía DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL OPERACIONAL PARA LOS ACTIVOS DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA investigaron acerca del desarrollo para diseñar un sistema de gestión y control de activos en el sector industrial siendo los transformadores los más importantes, basándose en estrategias y herramientas de calidad, manejo de software, AMEF, gerenciamiento de activos, información en aspectos generales de la empresa y el manejo operacional y administrativo de los activos.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Dados los objetivos planteados, se realizó una investigación tipo documental donde se analizó la información acerca del proceso de incineración y los equipos utilizados para realizarlo y de estudio de caso puesto que se tomó el horno de incineración diseñado, construido y montado por la empresa ESA INGENIERIA S.A.S., al cual se le hizo un estudio de las fallas que puede presentar y se propuso un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 2. Tipos de Investigación.

| TIPO DE INVESTIGACIÓN | CARACTERÍSTICAS |
|-----------------------|---|
| • Histórica | Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente. |
| • Documental | Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio. |
| • Descriptiva | Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio. |
| • Correlacional | Mide grado de relación entre variables de la población estudiada. |
| • Explicativa | Da razones del porqué de los fenómenos. |
| • Estudios de caso | Analiza una unidad específica de un universo poblacional. |
| • Seccional | Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única. |
| • Longitudinal | Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios. |
| • Experimental | Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes. |

7. DESARROLLO METODOLÓGICO

7.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta monografía se recopiló información de las siguientes fuentes:

- Libros: Los cuales sirvieron de consulta para la solución de los objetivos, específicamente conocer lo que es un proceso de incineración y los conceptos fundamentales sobre mantenimiento preventivo.
- Monografías: Se consultaron como material de apoyo para los temas que se tratan y aplicados para la solución del problema planteado.
- Datos de diseño y construcción del horno de incineración y características de cada uno de los equipos del mismo, suministrados por el Ingeniero Mecánico Edward Sotelo gerente general de la empresa ESA INGENIERIA S.A.S. quien realizó el diseño, construcción y montaje del equipo.
- Datos según experiencia en plantas de incineración de más de doce años de las fallas que se pueden presentar, severidad, frecuencia y detección con los cuales se realizó el AMEF y se analizó la criticidad de los equipos.
- Docentes: Profesionales en áreas del conocimiento específicas, quienes con su experiencia suministraron una solución a cualquier duda que se presentó en el desarrollo de esta monografía por medio de la enseñanza-aprendizaje.

7.2. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos suministrados diariamente por una planta de incineración permiten determinar el tipo de fallas que presenta el horno, las cuales son tabuladas y analizadas para conocer cuáles ocurren con mayor frecuencia y qué severidad tienen en el funcionamiento de la planta de incineración.

Fallas que ocurren en quemadores y ventiladores y que se manifiestan por el bajo rendimiento del proceso de incineración y por el resultado de análisis de emisión de gases y que finalmente determinan si el horno está funcionando en forma correcta. Al analizar cuáles son las fallas que ocurren con mayor frecuencia se tiene:

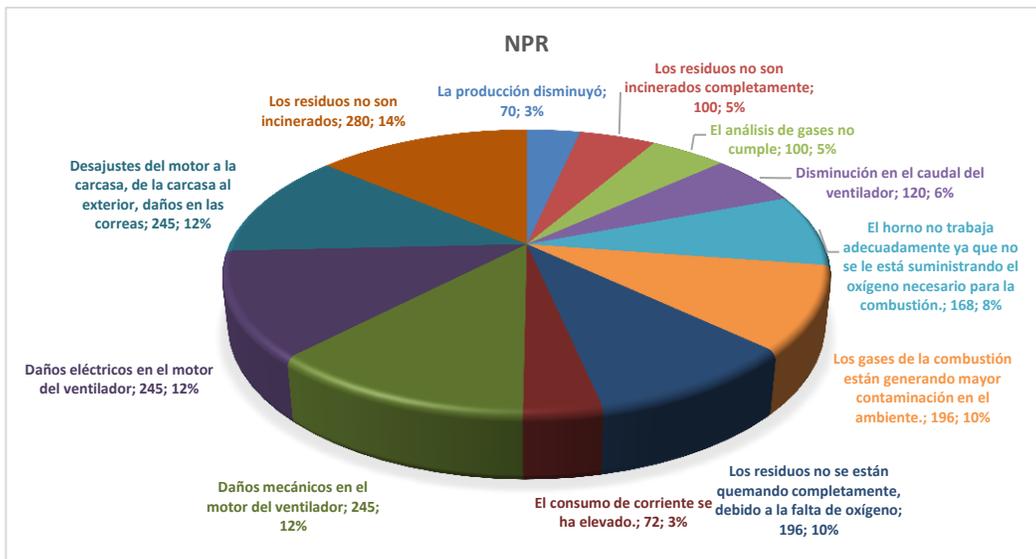
Tabla 3. Datos para análisis

| EQUIPO | FALLA | EFEECTO | SEVERIDAD | OCURRENCIA | DETECCION | NPR | CRITICIDAD |
|---|--|---|-----------|------------|-----------|-----|------------|
| HORNO INCINERACION | El horno no funciona a la capacidad instalada | La producción disminuyó | 7 | 5 | 2 | 70 | 3% |
| | Temperatura cámara combustión no está en el rango | Los residuos no son incinerados completamente | 10 | 5 | 2 | 100 | 5% |
| | Temperatura cámara de postcombustión no está en el rango | El análisis de gases no cumple | 10 | 5 | 2 | 100 | 5% |
| MOTOR VENTILADOR AIRE PRIMARIO | Reducción en la velocidad del motor: El motor no está trabajando a la velocidad requerida. | Disminución en el caudal del ventilador | 6 | 5 | 4 | 120 | 6% |
| | | El horno no trabaja adecuadamente ya que no se le está suministrando el oxígeno necesario para la combustión. | 7 | 6 | 4 | 168 | 8% |
| MOTOR VENTILADOR AIRE PRIMARIO | Disminuye potencia ya sea por fuerza o por velocidad. | Los gases de la combustión están generando mayor contaminación en el ambiente. | 7 | 7 | 4 | 196 | 10% |
| | | Los residuos no se están quemando completamente, | 7 | 7 | 4 | 196 | 10% |

| | | debido a la falta de oxígeno | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----------|------------|-----------|-----|-------------|
| | | El consumo de corriente se ha elevado. | 6 | 6 | 2 | 72 | 4% |
| EQUIPO | FALLA | EFEECTO | SEVERIDAD | OCURRENCIA | DETECCION | NPR | % DE EFECTO |
| MOTOR VENTILADOR AIRE PRIMARIO | El motor funciona con irregularidad: El motor no arranca. El motor arranca a golpes. El motor arranca con dificultad y disminuye la velocidad al ser cargado. | Daños mecánicos en el motor del ventilador | 7 | 5 | 7 | 245 | 12% |
| MOTOR VENTILADOR AIRE PRIMARIO | El motor se calienta rápidamente y por lo tanto es necesario apagarlo. El consumo de corriente se ha elevado. | Daños eléctricos en el motor del ventilador | 7 | 5 | 7 | 245 | 12% |
| MOTOR VENTILADOR AIRE PRIMARIO | El motor produce ruidos y vibraciones internamente. | Desajustes del motor a la carcasa, de la carcasa al exterior, daños en las correas | 7 | 5 | 7 | 245 | 12% |
| QUEMADORES | No enciende el quemador. No enciende control de llama. | Los residuos no son incinerados | 8 | 5 | 7 | 280 | 14% |

Fuente: El autor

Figura 1. Gráfico de análisis de datos



Fuente: El autor

Como se puede observar en la gráfica todas las fallas ocasionan cierto grado de efecto que de una u otra forma contribuyen a que el horno no funcione correctamente, siendo la más relevante la ocasionada porque el quemador no prenda (14%), ya que de esta manera el horno de incineración no encenderá y los residuos no pueden ser quemados, en cuanto a las fallas del motor del ventilador mecánicas o eléctricas, ocasionan que no se tenga el aire necesario para el proceso de combustión y los gases de chimenea tengan alto contenido de gases no deseados que aumentan la contaminación al medio ambiente.

El no trabajar bajo los rangos de temperatura en la cámara de combustión y postcombustión ocasiona que los residuos no sean quemados completamente o que no se cumpla con los parámetros establecidos por las normas ambientales en cuanto al porcentaje de gases emitidos al medio ambiente, esto ocasiona un efecto del 10% sobre el funcionamiento del horno.

Sumando todos estos datos se obtiene que el horno de incineración es un todo y que a cada uno de sus equipos debe tener un programa de mantenimiento.

7.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Con el fin de buscar el mejoramiento continuo de los diferentes procesos, se requiere un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos que operan en la planta de incineración ya que de esta forma se protege y alarga la vida útil de dichos equipos y se tiene un registro de cada uno.

Para llevar a cabo el manual de mantenimiento preventivo se deben tener en cuenta las siguientes actividades:

7.3.1. Etapas y equipos de un proceso de incineración

El funcionamiento de un horno de incineración inicia en la carga de los residuos mediante alimentadores adaptados dependiendo si son líquidos o sólidos, la incineración de residuos se lleva a cabo en la cámara de combustión, y se realiza una neutralización en la cámara de poscombustión, los gases inician el recorrido bien sea por la chimenea de emergencia o mantenimiento ubicada a la salida de la cámara de poscombustión o en su defecto por los sistemas de tratamiento, en esta etapa se reduce la temperatura como primera medida de tratamiento, y se conducen a una separación de partículas pesadas en un ciclón, luego los gases ingresan al equipo depurador o Scrubber y por último pasan a través de un lavador de gases, toda la línea de tratamiento es inducida por un ventilador centrífugo. A continuación se resumen las etapas.

- Carga de residuos
- Combustión
- Poscombustión
- Derivación
- Tratamiento de gases

Siendo los elementos más importantes y característicos de dicho horno incinerador los siguientes:

El equipo lleva incorporada una línea de gas para la alimentación de los quemadores del equipo.

La incineradora propiamente dicha, está dividida en dos partes, un módulo para la carga de residuos y su incineración, y otro módulo que es la cámara de postcombustión.

Los residuos a incinerar son introducidos a la cámara de carga e incineración, mediante una tolva con un émbolo o mediante la inyección de líquidos en el interior a través de la tapa frontal del Combustor, teniendo de esta manera un sistema de carga variable según el tipo de residuo (residuos voluminosos, granulados sólidos, lodos de manera uniforme boquilla de inyección de polvo y residuos líquidos). La carga de la cámara de incineración se efectuará de forma alternativa.

Esta cámara de carga es el horno incinerador o Combustor; está revestido interiormente con ladrillos aislantes y fibras cerámicas al igual que el Postcombustor, lo cual permite trabajar a alta temperatura en su interior, sin dañar la estructura exterior del horno, además de conseguir bajos consumos en la incineración aprovechando la concentración de calor.

La incineración se efectúa por medio de los quemadores de gas en la parte superior de la tapa del Combustor con disposición angular para efectos de efectividad en la quema de residuos y en el Postcombustor otros quemadores dispuestos horizontalmente en la tapa para garantizar el tiempo de residencia y la temperatura ideal en el quemado de los gases que se obtienen del Combustor y que se alimentan con aire fresco hacia el Postcombustor; la evacuación de los

humos de combustión se realiza por medio de tiro natural, a través de la cámara de postcombustión.

Se dispone de una chimenea principal y una de emergencia de forma que los humos son evacuados a más de 10 metros del suelo lo que garantiza el correcto funcionamiento y la seguridad del proceso.

También se dispone de turbinas independientes para cada quemador garantizando el aporte de oxígeno para la correcta combustión, y un ventilador para favorecer la extracción de los humos después de la postcombustión.

La incineración de los residuos se realiza a una temperatura de 800°C aproximadamente para posteriormente realizar un incremento de temperatura hasta los 1000°C - 1200°C, todo ello se efectúa para seguir las normas establecidas para la incineración residuos.

Las cenizas se irán acumulando en un extremo del Combustor, en donde mediante un mecanismo se acciona con el carro de cenizas para proceder a la remoción de estas.

Todo el proceso está controlado por un PLC, para visualizar los diferentes parámetros de la instalación; además almacenará las curvas de incineración, para una posterior comprobación de que cada residuo ha sido incinerado siguiendo los tiempos y temperaturas exigidas.

Equipos, unidades y sistemas.

- **CARGA DE RESIDUOS**

Tolva

Émbolo



Carga de residuos
sólidos

Inyector



Carga de residuos
fluidos (lodos)

- **COMBUSTIÓN**
Combustor
Quemadores
Mecanismo de cenizas

- **POSCOMBUSTIÓN**
Postcombustor
Quemadores

- **DERIVACIÓN**
Bypass
Ventilador de tiro inducido
Ductos
Chimenea de emergencia

- **TRATAMIENTO DE GASES**
Ciclón seco
Ductos
Lavador Scrubber
Lavador final
Ventilador centrifugo
Chimenea principal

- **CARGA DE RESIDUOS**

La cantidad de residuos a introducir en cada carga a la cámara de incineración depende del volumen y el tipo de residuo a introducir y de la capacidad del horno.

Residuos sólidos

La carga de residuos sólidos se realiza a través de una tolva conectada con un mecanismo de émbolo sobre la puerta frontal del combustor, en donde los residuos sólidos son desplazados por el émbolo hacia el interior del combustor para poder realizar el quemado de los residuos.

Residuos Fluidos

La carga de residuos fluidos se realiza a través de una boquilla de inyección ubicada sobre la tapa frontal del combustor, esta inyección hace parte de un sistema independiente al de carga de residuos sólidos, puesto que los fluidos inyectados al combustor provienen de un tanque de líquidos de desecho.

COMBUSTIÓN

Figura 2. Combustor



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El combustor es el elemento en el cual se realiza la primera etapa de quemado, en este se queman los residuos (sólidos, fluidos), mediante dos quemadores, el

combustor se encuentra construido en su exterior por acero estructural ASTM A-36, y en su interior se encuentra aislado con materiales refractarios y cerámicos de alta resistencia mecánica (60% alúmina) aproximadamente 10 cm de espesor, sujetado con ganchos de acero inoxidable a la estructura de la cámara dentro del cual se consiguen elevadas temperaturas para la incineración de residuos peligrosos, orgánicos e inorgánicos.

Figura 3. Postcombustor



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El Postcombustor es el elemento en el cual se realiza la segunda etapa de quemado, en este se queman los gases que suben del combustor en un tiempo de residencia no inferior a 2 segundos con ayuda de aire en exceso que se agrega a la cámara de incineración del Postcombustor, se utilizan dos quemadores para completar el proceso, el Postcombustor se encuentra construido en su exterior por acero estructural ASTM A-36, y en su interior se encuentra aislado con

materiales refractarios y cerámicos de alta resistencia mecánica (60% alúmina) aproximadamente 10 cm de espesor, sujetado con ganchos de acero inoxidable a la estructura de la cámara dentro del cual se consiguen elevadas temperaturas para la incineración de residuos peligrosos, orgánicos e inorgánicos.

Figura 4. Quemadores Kromschroeder

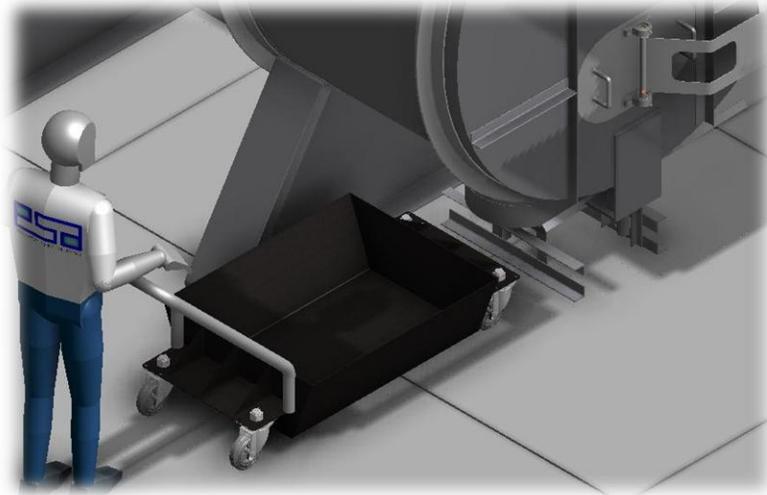


Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

Los quemadores son utilizados para elevar la temperatura en las cámaras de incineración del sistema de combustión (2 para el Combustor y dos para el Postcombustor) en donde los quemadores actúan conectados a una línea de combustible (gas natural) y a una turbina independiente para cada quemador, es allí donde en la primera etapa se eleva la temperatura entre 400°C - 800°C

mientras que en la segunda etapa los quemadores elevan la temperatura a 800°C - 1200°C como temperatura máxima en la cámara de incineración.

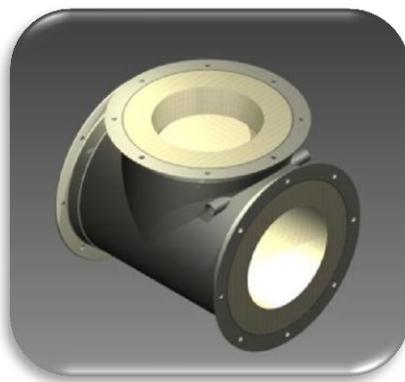
Figura 5. Mecanismo de descarga de cenizas



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El mecanismo de cenizas ubicado en la parte trasera del combustor, se encuentra diseñado para facilitar al operario la remoción de cenizas, en donde el mecanismo es accionado por el carro de cenizas que desplaza la tapa del mecanismo ubicada en la parte inferior del combustor.

Figura 6. Bypass

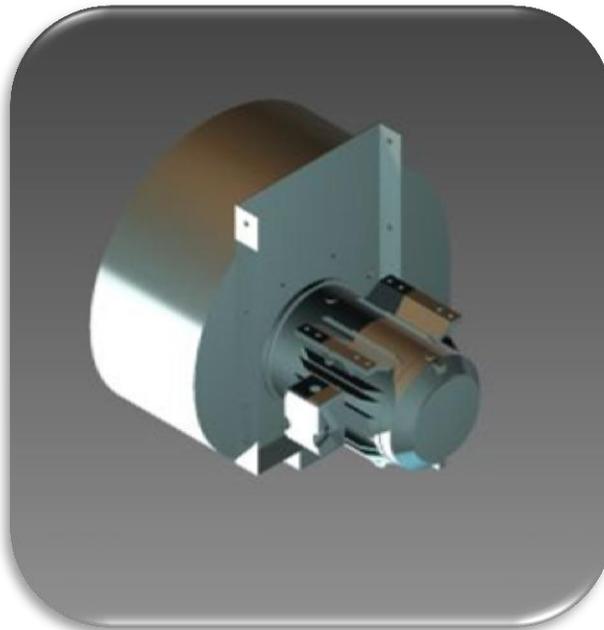


Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El mecanismo de Bypass ubicado en la parte posterior del Postcombustor es utilizado para labores de mantenimiento de la planta de incineración, donde al accionar el mecanismo, la compuerta en material refractario mediante el eje permite el flujo de gases hacia la chimenea de emergencia.

Bajo operación normal el Bypass se mantiene deshabilitado, bloqueando el flujo de gases hacia la chimenea de emergencia y permitiendo la circulación de estos por el ducto que conecta el ciclón seco para continuar con el proceso.

Figura 7. Ventilador centrífugo de inyección de aire.



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

Este ventilador se encuentra ubicado sobre el ducto que conecta con el ciclón seco, posterior a la chimenea de emergencia.

Este elemento es utilizado en el proceso para incrementar el flujo de los gases que salen del Postcombustor y a su vez agregar aire al proceso en los ductos, lo que beneficia el correcto funcionamiento del ciclón en la primera fase de separación de partículas.

Figura 8. Ventilador centrífugo de tiro inducido.



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El ventilador centrífugo se encuentra ubicado sobre el ducto que conecta entre la el lavador de gases y la chimenea.

Este elemento es utilizado en el proceso para incrementar el flujo de los gases que salen del lavador de gases y se dirigen a la chimenea principal en donde este

elemento garantiza la correcta evacuación de los gases incrementando la velocidad de estos.

Figura 9. Ciclón seco



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El Ciclón seco es el elemento mediante el cual se realiza una recolección de polvo en donde se remueve el material particulado de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impactación inercial generado por la fuerza centrífuga. El ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en que la aceleración gravitacional se sustituye con la aceleración centrífuga permitiendo que las

partículas de polvo caigan y sean recolectadas en un tanque, mientras que los gases siguen su camino manteniendo un flujo hacia los ductos que conectan con el lavador Scrubber en el proceso de tratamiento de gases.

Figura 10.
scrubber

Lavador

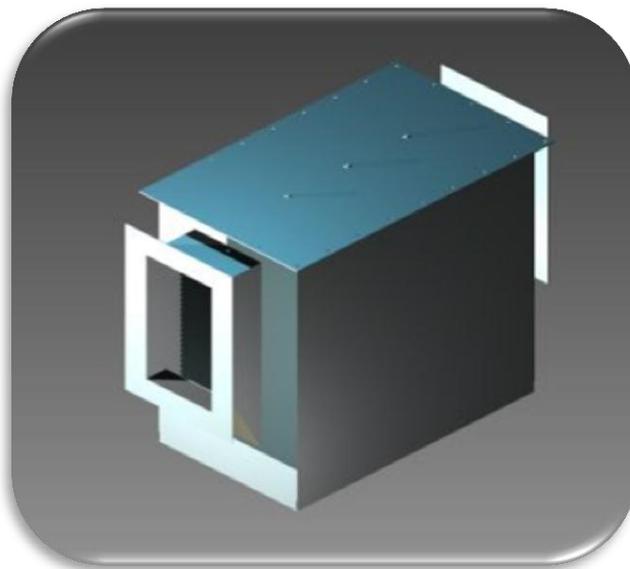


Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El Lavador Scrubber es el segundo elemento en donde se realiza una separación de partículas, limpiando aún más los gases y mejorando el proceso, es allí donde disminuyen los contaminantes que se encuentran mezclados con los gases luego del proceso de separación de partículas en el ciclón, El principio de funcionamiento se basa en la aceleración del efluente gaseoso por medio de un venturi que se encuentra ubicado a la entrada del lavador, donde es atomizado e

impactado por un líquido lavador. A medida que los gases pasan por la construcción se aumenta su velocidad, y debido a esto el líquido se pulveriza formando infinidad de gotas pequeñas que atrapan y aglomeran las partículas en suspensión y luego al entrar al cuerpo del lavador se produce una separación ciclónica por la fuerza centrífuga.

Figura 11. Lavador final



Fuente: (De planos originales, propiedad ESA INGENIERIA S.A.S. Edward Sotelo)

El Lavador final, es el último elemento de limpieza en la depuración de gases, y es allí donde luego de pasar por el lavador Scrubber, los gases completan el proceso de limpieza para poder ser evacuados del sistema por medio de la chimenea.

Dentro de su principio de funcionamiento los contaminantes que quedan en los gases son separados del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido que es atomizado por boquillas fulljet

7.3.2. Elaboración de AMEF

Tabla 4. Detección de fallas en la operación de un horno de incineración

| A continuación se relacionan las fallas que ocasionalmente se presentan en la operación de los diferentes hornos para los diferentes componentes. | |
|---|--|
| ITEM | DESCRIPCIÓN |
| Quemadores | <p>Falla: No enciende el quemador</p> <p>Posibles causas:</p> <ol style="list-style-type: none"> No existe flujo de combustible. <ul style="list-style-type: none"> Asegurar que haya combustible en los tanques de almacenamiento. Verificar que las válvulas manuales de la línea de entrada del combustible estén abiertas. Revisar la presión de salida del combustible Revisar los filtros que tenga el sistema de tuberías. Asegurar que las tuberías no estén taponadas. Encender el quemador y verificar que la válvula solenoide de combustible se abre unos segundos después de energizarse el control de llama, cuando se energiza la válvula debe sonar "Click". Retirar la boquilla de aspersion del combustible y asegurarse que no esté tapada. Encender el quemador y medir el voltaje en los terminales de la válvula de solenoide. No existe chispa de ignición. <ul style="list-style-type: none"> Revisar el estado de la cerámica de los electrodos de |

A continuación se relacionan las fallas que ocasionalmente se presentan en la operación de los diferentes hornos para los diferentes componentes.

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|---|
| | <p>ignición.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar el estado de los cables de alta tensión que van desde el transformador de ignición a los electrodos, así como sus terminales. • Retirar el terminal de alta tensión de un electrodo y encender el quemador, acercarlo unos 5mm del final metálico para ver si hay chispa. • Revisar la calibración de los electrodos de ignición con respecto a la boquilla y al cono inductor de aire. • Encender el quemador y medir el voltaje en los terminales de entrada del transformador. Si está correcto reemplazar el transformador, si no reemplazar el control de llama. <p>3. Alto flujo de aire al quemador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que el flujo de aire al quemador no sea muy alto y se lleve la chispa de ignición. <p>4. Poca o ninguna detección de llama.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retirar la foto celda sensoria de llama y limpiarla. • Revisar la fotocelda sensoria de llama asegurarse que no está quemada. • Reemplazar la foto celda. • Asegurarse que el cono inductor de aire interno del quemador esté ubicado de tal forma que el orificio de paso de luz hacia la foto celda esté alineado con esta. • Reemplazar el control de llama. <p>Falla: No enciende control de llama.</p> |

A continuación se relacionan las fallas que ocasionalmente se presentan en la operación de los diferentes hornos para los diferentes componentes.

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|--------------|---|
| | <p>Posibles causas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Señal de incineradora de encendido no disponible. <ul style="list-style-type: none"> • Presionar el pulsador identificado “Encender incinerador”. • Asegurarse que el contador está activado. • Revisar los conductores que van a los terminales de control de llama. 2. Ventiladores de aire de las cámaras apagados. <ul style="list-style-type: none"> • Asegurarse que el ventilador de aire correspondiente a la cámara de control que no enciende está en funcionamiento. 3. Señal de los controles de temperatura no disponible. <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que la temperatura correspondiente a la cámara del control que no encienda está por debajo de la programada. • Asegurar que el conmutador Húmedo-seco está en la posición Húmedo. • Asegurar que la termocupla correspondiente a la cámara del control que encienda esté en buen estado. 4. Señal de los temporizadores no disponible. <ul style="list-style-type: none"> • Abrir y cerrar la puerta de cargue, luego presionar el pulsador “Encender Incinerador”. • Asegurar que el conmutador Húmedo-seco está en la posición Húmedo. |
| Ventiladores | Falla: Ventilador arranca y dispara relé térmico. |

A continuación se relacionan las fallas que ocasionalmente se presentan en la operación de los diferentes hornos para los diferentes componentes.

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|---------|--|
| | <p>Posibles causas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relé de protección térmica graduado por debajo de la corriente del motor. <ul style="list-style-type: none"> • Mirar la placa técnica del motor y graduar el relé térmico en el valor de la corriente especificada para el voltaje a que está operando. • Medir el amperaje en las tres fases y asegurar que todas ellas están dentro del rango que especifica la placa técnica. 2. Relé de protección térmica defectuoso. <ul style="list-style-type: none"> • Revisar el estado del relé. 3. Voltaje de fuerza en dos fases. <ul style="list-style-type: none"> • Medir el voltaje entre las tres fases y asegurarse de que sea igual entre todas. 4. Motor con una fase abierta. <ul style="list-style-type: none"> • Medir la continuidad de las bobinas del motor. <ol style="list-style-type: none"> 1. Rotor bloqueado. <ul style="list-style-type: none"> • Girar el rotor del ventilador con la mano. |
| General | <p>Falla: Humo en la chimenea.</p> <p>Posibles causas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura de post-combustión muy baja. <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que el quemador de post-combustión esté encendido y funcionando correctamente. • Asegurar que la temperatura graduada en el control de |

A continuación se relacionan las fallas que ocasionalmente se presentan en la operación de los diferentes hornos para los diferentes componentes.

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|--|
| | <p>temperatura de la cámara de post-combustión esté en 1100 °C.⁵</p> <p>2. Sobrecarga de residuos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Asegurar de no haber sobrepasado la capacidad de carga del incinerador. <p>Asegurar que la temperatura de la cámara de combustión no esté por encima de 800 °C.⁶</p> <p>3. Calibración de los quemadores y aires secundarios.</p> <ul style="list-style-type: none">• Revisar que los quemadores estén dando una llama libre de humos, o sea que la relación de Aire/Combustible sea correcta.• Asegurar que la válvula de aire secundario a la cámara de combustión no esté muy abierta.• Asegurar que la válvula de aire secundario a la cámara de post-combustión no esté muy cerrada. |

⁵ Resolución 886 del 27 de Julio de 2004. Tabla No. 1. Límites de emisión máximos permitidos y parámetros para contaminantes generales.

⁶ Ibidem.

| PROPOSITO DEL PROCESO | MODO DE FALLA POTENCIAL | EFECTO DE FALLA POTENCIAL | SEVERIDAD | CLASE | CAUSAS DE FALLA POTENCIAL | OCURRENCIA | CONTROLES ACTUALES DE DETECCION DE PREVENCION | DETECCION | NPR | ACCIONES RECOMENDADAS | AREA/PERSONA RESPONSABLE | RESULTADO DE ACCIONES | | | | | | | |
|--|--|---|-----------|-------|---|------------|--|-----------|-----|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|-----------|-----|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | ACCIONES TOMADAS | SEVERIDAD | OCURRENCIA | DETECCION | NPR | | | |
| <p>Motor eléctrico que mueve el ventilador centrífugo alimentador de aire primario de horno de incineración de residuos industriales peligrosos.</p> <p>Mantener potencia de 10 HP ± 0,5 HP (7,46 KW).</p> <p>Suministrar la potencia para el movimiento del ventilador centrífugo de 12000 CFM.</p> <p>Trabajar en un ciclo de 16 horas/día.</p> <p>Funcionar en promedio 30 min con tiempos de parada de 15 min.</p> | <p>Reducción en la velocidad del motor: El motor no está trabajando a la velocidad requerida.</p> <p>Disminuye potencia ya sea por fuerza o por velocidad.</p> <p>El motor funciona con irregularidad.</p> <p>El motor no arranca</p> <p>El motor arranca a golpes</p> | <p>Disminución en el caudal del ventilador en un 10%.</p> <p>Al disminuir la velocidad del ventilador el horno de incineración en el cual está instalado no trabaja adecuadamente ya que no se le está suministrando el oxígeno necesario para la combustión.</p> <p>Los gases de la combustión que salen del horno incinerador están generando mayor contaminación en el ambiente.</p> <p>Los residuos que se cargan al horno incinerador no se están quemando</p> | 6 | R | <p>Barras del rotor rotas o rajadas</p> <p>Anillos del rotor rajados</p> <p>Juntas de alta resistencia en el bobinado de la jaula</p> <p>Poros o agujeros en los rotores de aluminio</p> <p>Rotores mal cobre-soldados</p> <p>Problemas de bobinado en los motores de inducción de anillo colector.</p> <p>Irregularidades estáticas o dinámicas en el espacio entre el rotor y el estator.</p> <p>Desequilibrio magnético</p> <p>Desequilibrio dinámico</p> <p>Eje alabeado o dilatado</p> <p>Estator, rotor o rodamientos ovalados</p> <p>Baja tensión</p> <p>La caja del motor está sometida a tensiones</p> | 5 | <p>Tacómetro que mide velocidad angular.</p> <p>Manómetros y flujómetros (se detecta disminución de presión y del caudal) en la salida del ventilador.</p> <p>Sistema de monitoreo continuo de gases que analiza los gases de chimenea.</p> <p>Revisión física de las cenizas que salen del cenicero de la cámara de combustión.</p> | 4 | 120 | <p>Realizar un análisis de vibraciones.</p> <p>Por medio de una cámara termográfica detectar puntos calientes y puntos fríos para encontrar la posible causa de falla.</p> <p>Mediciones y análisis de todos los parámetros eléctricos en las condiciones operativas, verificaciones periódicas de los valores de resistencia de bobinado, de aislamiento, revisión de conexiones y limpieza para una adecuada ventilación de los motores.</p> <p>Medición de índice de polarización, capacitancia</p> | Jefe de mantenimiento. | Supervisores de electricidad. | Producción u operación. | Ingeniería | | | | | |

| PROPOSITO DEL PROCESO | MODO DE FALLA POTENCIAL | EFECTO DE FALLA POTENCIAL | SEVERIDAD | CLASE | CAUSAS DE FALLA POTENCIAL | OCURRENCIA | CONTROLES ACTUALES DETECCION DE PREVENCION | DETECCION | NPR | ACCIONES RECOMENDADAS | AREA/PERSONA RESPONSABLE | RESULTADO DE ACCIONES | | | | |
|---|--|---|------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|-----------|------------|-----------|-----|
| | | | | | | | | | | | | ACCIONES TOMADAS | SEVERIDAD | OCURRENCIA | DETECCION | NPR |
| Mantener una velocidad Constante 750 rpm \pm 30 rpm. Suministrar la potencia eléctrica a 240 V y tres fases. Por medio de la red de alimentación (cable encauchetado #8 trifilar protegido con coraza metálica para conexión trifásica accionado con sistema de arranque estrella triángulo para disminuir daños en el arranque). Transmitir potencia mecánica por medio del acople indirecto de correas y poleas tipo 2B | El motor arranca con dificultad y disminuye la velocidad al ser cargado El motor no arranca o lo hace con dificultad. El motor se calienta rápidamente y por lo tanto es necesario apagarlo. El consumo de corriente se ha elevado. El motor produce ruidos y vibraciones internamente. Fluctuaciones de corriente. | completamente, debido a la falta de oxígeno. El consumo de corriente se ha elevado. Daños mecánicos. Daños eléctricos Desajustes del motor a la carcasa, de la carcasa al exterior, daños en las correas, daños eléctricos. | 6 7 7 7 | R R R R | Mecánicas Acoplamiento mal equilibrado Contacto del arrollamiento con la masa Rodamiento dañado Defecto en los dispositivos de arranque. Espiras en contacto Interrupción en el inducido Demasiada carga Dispositivo de arranque estrella dañado Tensión en la red Corto circuito entre fases Contacto entre muchas espiras Contacto entre arrollamiento y masa Estator mal conectado Frecuencia de conexión y desconexión muy rápida Falla una fase Interrupción en el devanado Conexión | 6 5 5 5 | Amperímetro y voltímetro en el tablero de control. No existe sensor de vibraciones. Amperímetro y voltímetro en el tablero de control. Elementos de protección eléctricos que dispara el protector térmico. No existe sensor de ruidos. | 2 7 7 7 | 72 245 245 245 | factor de disipación. Análisis de Aceite: Se toman muestras de aceite y se envían a un laboratorio para su análisis que consiste en verificar la condición del lubricante, análisis ferrográfico, y análisis de espectrografía. Análisis de Corriente del Motor: mediante una una pinza amperimétrica y un cargador portátil o dispositivo similar que usa una alarma para indicar la presencia de rotura o resquebrajadura de las barras del rotor. | | | | | | |

Tabla 5. Tabla AMEF

| PROPOSITO DEL PROCESO | MODO DE FALLA POTENCIAL | EFECTO DE FALLA POTENCIAL | SEVERIDAD | CLASE | CAUSAS DE FALLA POTENCIAL | OCURRENCIA | CONTROLES ACTUALES DETECCION DE PREVENCION | DETECCION | NPR | ACCIONES RECOMENDADAS | AREA/PERSONA RESPONSABLE | RESULTADO DE ACCIONES | | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|-------|---|------------|--|-----------|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|------------|-----------|-----|
| | | | | | | | | | | | | ACCIONES TOMADAS | SEVERIDAD | OCURRENCIA | DETECCION | NPR |
| | | | | | equivocada Poca ventilación Inducido roza el estator Cuerpos extraños | | | | | | | | | | | |

7.3.3. Formatos de mantenimiento correctivo y preventivo

Tabla 6. Cronograma de mantenimiento preventivo y calibración

| CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACION AÑO: _____ | | | | | | | |
|--|---------------|---------|-----------|---------|------------|-----------|-------|
| NOMBRE DEL EQUIPO: | | | | | | | |
| MARCA: | | | | | | | |
| MODELO: | | | | | | | |
| SERIE: | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| ACTIVIDAD | MANTENIMIENTO | | | | | | |
| | Diario | Semanal | Quincenal | Mensual | Trimestral | Semestral | Anual |
| Retirar cenizas y/o escorias al inicio de la jornada de trabajo. | | | | | | | |
| Revisar terminales eléctricos. | | | | | | | |
| Inspección visual de cables. | | | | | | | |
| Revisar cables de electrodos de ignición. | | | | | | | |
| Revisar paneles de control. | | | | | | | |
| Limpieza zona de descargue de los residuos. | | | | | | | |

| ACTIVIDAD | MANTENIMIENTO | | | | | | |
|---|---------------|---------|-----------|---------|------------|-----------|-------|
| | Diario | Semanal | Quincenal | Mensual | Trimestral | Semestral | Anual |
| Limpieza pisos y rincones. | | | | | | | |
| Revisión de elementos de seguridad. | | | | | | | |
| Limpieza fotoceldas de los quemadores | | | | | | | |
| Mantenimiento ventiladores y turbinas: campanas y ductos de acceso inspección y limpieza | | | | | | | |
| Mantenimiento compresores: inspección visual, verificar funcionamiento y control de nivel | | | | | | | |
| Mantenimiento ventiladores y turbinas: filtros de aire, carcasa ventilador y bandas | | | | | | | |
| Mantenimiento boquillas de aspersión: inspección visual de estado, funcionamiento. | | | | | | | |
| Mantenimiento compresores: Cambio de aceite | | | | | | | |
| Inspección y Mantenimiento Preventivo: pintura, limpieza, estado de controladores de temperatura, presión y flujo | | | | | | | |
| Mantenimiento bombas: desmontar, limpiar, reacondicionar | | | | | | | |

| ACTIVIDAD | MANTENIMIENTO | | | | | | |
|---|---------------|---------|-----------|---------|------------|-----------|-------|
| | Diario | Semanal | Quincenal | Mensual | Trimestral | Semestral | Anual |
| Mantenimiento de termocuplas: desmontar, limpiar, verificar conexiones, cambiar si es necesario. | | | | | | | |
| Mantenimiento ventiladores y turbinas: componentes ventilador motor y aletas | | | | | | | |
| Mantenimiento compresores: Verificar uniones y cambiar si es necesario | | | | | | | |
| Mantenimiento boquillas de aspersión: verificar caudal, presión, tamaño de gota, patrón de rociado. | | | | | | | |
| Mantenimiento ventiladores y turbinas: elementos mecánicos del sistema, rodamientos, piezas de transmisión de potencia, lubricación | | | | | | | |
| Mantenimiento ductos: inspección y limpieza | | | | | | | |
| Mantenimiento de refractarios: inspección visual, verificar desgaste mecánico, desgaste térmico en combustor, postcombustor, chimeneas, ciclón. | | | | | | | |
| Mantenimiento estructura: inspección visual | | | | | | | |

| ACTIVIDAD | MANTENIMIENTO | | | | | | |
|---|---------------|---------|-----------|---------|------------|-----------|-------|
| | Diario | Semanal | Quincenal | Mensual | Trimestral | Semestral | Anual |
| Mantenimiento lavador de gases en acero inoxidable: inspección visual, acabados, estado boquillas, limpieza. | | | | | | | |
| Inspección, Mantenimiento y Calibración de los sistemas de carga, combustión, tratamiento de gases, tratamiento de agua, funcionamiento de controladores. | | | | | | | |
| Mantenimiento quemadores: sistema eléctrico y limpieza | | | | | | | |
| Mantenimiento estructura: recubrimiento antioxidante, estado soldadura, reparaciones. | | | | | | | |

Fuente: El autor

Tabla 7. Tabla de revisión diaria

CHECK LIST INICIO DE TURNO

MAQUINA : _____ SEMANA DEL _____ AL _____ DE _____

| DIA | TURNO | | Retirar cenizas y/o escorias al inicio de la jornada de trabajo. | Revisar terminales eléctricos. | Inspección visual de cables. | Revisar cables de electrodos de ignición. | Revisar paneles de control. | Limpieza zona de descargue de los residuos. | Limpieza pisos y rincones. | Revisión de elementos de seguridad. | Limpiar fotoceldas de los quemadores | FIRMA | OBSERVACION |
|-----|-------|--|--|--------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------------|
| | | | | | | | | | | | | | |
| LUN | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| MAR | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| MIÉ | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| JUE | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| VIE | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| SÁB | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |
| DOM | A | | | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | | | |

Tabla 8. Tabla de inspección diaria

RUTINA DIARIA DE INSPECCION

Fecha : ____ / ____ / ____

Hora: ____ : ____

Técnico de turno: _____
Código: _____

ESTE DOCUMENTO CONTIENE LAS INSTRUCCIONES PARA EJECUTAR LAS ACTIVIDADES DE LA RUTINA DIARIA DE INSPECCION DE MANTENIMIENTO

ESTA RUTINA LA EJECUTARA EL TECNICO ASIGNADO POR MANTENIMIENTO.

ALISTAR Y UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL:

Monogafas

Guantes

Protectores auditivos

Protector respiratorio

Botas de seguridad

Casco

HERRAMIENTAS:

Pistola de temperatura

Multímetro

Tabla y esfero

ANTES DE IR AL SITIO DE TRABAJO, VERIFICAR QUE SE TIENEN TODOS LOS ELEMENTOS QUE SE NECESITAN PARA EJECUTAR LA RUTINA DE INSPECCION

CODIGOS DE ESTADO: A. SE ENCONTRO BIEN
B. SE TOMO NOTA DEL PARAMETRO A MEDIR
C. NECESITA REPARACIÓN / REPORTAR

1. (___) TERMINALES ELECTRICOS:

| |
|---|
| A |
| B |
| C |

2. (___) INSPECCION VISUAL DE CABLES

| |
|---|
| A |
| B |
| C |

3. (___) REVISAR CABLES DE IGNICION

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| 4. (___) REVISAR PANEL DE CONTROL | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| 5. (___) REVISAR FOTOCELDAS DE LOS QUEMADORES | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| 6. (___) LIMPIEZA ZONA DE DESCARGUE DE LOS RESIDUOS | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| 7. (___) LIMPIEZA PISOS Y RINCONES | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| 8. (___) REVISION DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">A</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">B</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">C</td></tr> </table> | A | B | C |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| REPORTAR CUALQUIER SITUACIÓN DE RIESGO O PELIGRO PARA LAS PERSONAS, LA PLANTA O LA PRODUCCION | | | | |
| REPORTE DAÑOS ACCIDENTALES OCURRIDOS DURANTE LA INSPECCION: | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |
| | <p>_____</p> <p>Firma Técnico</p> | | | |
| Aprobado: | Inicio real: ___/___/___ :___ | | | |
| _____ | Finalización: ___/___/___ :___ | | | |
| Firma Supervisor de Mantenimiento | <p>Total</p> <p>Tiempo: _____</p> | | | |

Fuente: El autor

Tabla 10. Solicitud de orden de trabajo

| AREA DE MANTENIMIENTO ORDEN DE TRABAJO N° _____ | | |
|---|------------------------|----------------|
| FECHA | SOLICITANTE | |
| | NOMBRE DEL FUNCIONARIO | FIRMA |
| | | |
| TRABAJO SOLICITADO: | | |
| | | |
| AUTORIZA: _____ | | |
| Jefe de Servicios Generales o Director (a) Administrativo-Financiero | | |
| PARA USO EXCLUSIVO DEL AREA DE MANTENIMIENTO | | |
| FECHA DE INICIO | FECHA FINALIZACION | EJECUTADO POR: |
| | | |
| OBSERVACIONES: | | |
| | | |

| AREA DE MANTENIMIENTO ORDEN DE TRABAJO N° _____ | | |
|---|------------------------|----------------|
| FECHA | SOLICITANTE | |
| | NOMBRE DEL FUNCIONARIO | FIRMA |
| | | |
| TRABAJO SOLICITADO: | | |
| | | |
| AUTORIZA: _____ | | |
| Jefe de Servicios Generales o Director (a) Administrativo-Financiero | | |
| PARA USO EXCLUSIVO DEL AREA DE MANTENIMIENTO | | |
| FECHA DE INICIO | FECHA FINALIZACION | EJECUTADO POR: |
| | | |
| OBSERVACIONES: | | |
| | | |

Fuente: El autor

Tabla 11. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO NO. _____

| | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------|-------------|------------------------|-------------------|--|
| EQUIPO N° | | TIPO DE TRABAJO | ELECTRICO | | FECHA | |
| NOMBRE DEL EQUIPO | | | RUTINA | | PRIORIDAD | |
| | | | LUBRICACION | | FECHA VENCIMIENTO | |
| LOCALIZACION | | | REPARACION | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA : | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| SOLICITADO POR: | | | | | | |
| PLAN DE TRABAJO | PRIORIDAD | OBSERVACIONES | PARTES | HERRAMIENTAS / EQUIPOS | OPERARIO | |
| PASO 1 | | | | | | |
| PASO 2 | | | | | | |
| PASO 3 | | | | | | |
| PASO 4 | | | | | | |
| PASO 5 | | | | | | |
| PLANIFICADOR: | | | | | | |
| NOTAS DE FINALIZACIÓN: | | | | | | |
| | | | | | | |
| RETROALIMENTACIÓN: | | | | | | |
| | | | | | | |
| APROBAR: | | | | | | |

Fuente: El autor

Tabla 12. Normas de seguridad en la operación y mantenimiento de un horno incinerador

| Normas de Seguridad en los incineradores | |
|---|---|
| ITEM | DESCRIPCIÓN |
| Operación | <ol style="list-style-type: none"> 1. Solamente se podrán incinerar residuos teniendo en cuenta las recomendaciones del laboratorio, fichas de seguridad, y las tablas de materiales y productos donde se recomienda los residuos a incinerar indicando: el poder calorífico, el % de cenizas, capacidad de carga, cargas por hora, peso en carga, tiempo inicial de minutos, peso de cenizas por carga, cargas por día, peso por días en toneladas⁷, esto con el propósito de realizar una excelente incineración. 2. Durante el proceso de incineración, para abrir cualquiera de las puertas situarse detrás de la misma, abrirlas aproximadamente 10 centímetros y esperar unos segundos antes de abrirla completamente. Siempre utilizar el equipo de protección adecuado al realizar esta acción. 3. Para realizar la extracción de cenizas se debe estar seguro que el área alrededor de la puerta de limpieza está libre de cualquier material combustible. 4. Nunca intentar cargar el incinerador con desechos que excedan las dimensiones de la puerta de carga, pues esta se pueden atascar en la entrada y encenderse afuera provocando un incendio. 5. Nunca operar el equipo si se detecta alguna falla en su funcionamiento, esto puede producir una situación de alto riesgo para el personal y el equipo. 6. Nunca graduar las temperaturas de operación por encima de las recomendadas. |

⁷ Tablas realizadas por el Ingeniero Químico Mario Suárez de la firma TKF, en pruebas de campo y software especializado.

| Normas de Seguridad en los incineradores | |
|---|---|
| ITEM | DESCRIPCIÓN |
| Mantenimiento | <p>8. Desconectar completamente la energía al realizar cualquier servicio de mantenimiento en el incinerador.</p> <p>9. Mantener las manos y la ropa lejos de todas las partes móviles de la máquina cuando estas estén en movimiento.</p> <p>10. Mantener tanto los equipos como sus alrededores bien limpios y en lo posible despejados.</p> <p>11. Prohibir la entrada de personal no autorizado al área del incinerador.</p> <p>12. Nunca encender el equipo hasta estar completamente seguro que se ha reconectado todos los conductores y tuberías desconectadas para un mantenimiento.</p> |

Fuente: El autor

7.3.4. Actividades de mantenimiento de las etapas del horno de incineración

El objeto es definir las operaciones que se deben seguir en el mantenimiento preventivo y correctivo de las etapas del horno con el fin de garantizar de forma permanente el funcionamiento de los equipos.

Se han definido las frecuencias de las operaciones de inspección y mantenimiento preventivo en función de criterios técnicos, normativos y de seguridad.

7.3.4.1. Inspección y Mantenimiento Preventivo

Periodicidad: Quincenal

Realizar todas las operaciones programadas de control y mantenimiento preventivo que aseguren el correcto estado de la infraestructura de la instalación

(pintura, revisión y limpieza de accesos y cerramientos, limpieza, revisión de estado de controladores de temperatura y presión, etc.). Se busca comprobar el correcto funcionamiento de la instalación, mediante la toma de datos sobre los parámetros de funcionamiento de la misma (Temperaturas en cada uno de los equipos, presión de los equipos, flujo de agua de proceso, etc.) y asegurar la perfecta actuación de los mecanismos de control de maniobra.

Preliminares:

En la inspección sólo se corregirán defectos que precisen una actuación inmediata, bien sea por la seguridad propia de la instalación o porque pueda quedar afectado el correcto funcionamiento de esta.

Se realizarán 24 inspecciones al año, según la programación establecida.

Procedimiento:

1. Revisar el estado de la pintura de los accesorios y la tubería. Se procederá a pintar la tubería y/o accesorios que presenten deterioro o indicios de corrosión, realizando una correcta aplicación de esta (adecuación de la superficie y posterior pintura), esto incluye también la revisión de los soportes y encerramiento para comprobar su estado y pintarlos.
2. Inspeccionar los accesos a la etapa de cargue, al igual que el encerramiento. Garantizar la limpieza del área de la etapa de cargue y retirar cualquier residuo existente, deshaciéndose adecuadamente de este. Comprobar la presencia y buen estado de las señales de advertencia.
3. Se comprobará el estado de reguladores, cilindros y equipos de control. No deben presentar anomalías como pueden ser: fisuras, desajustes, temperatura y humedad excesiva, fugas de gas, agua o aire etc.
4. Verificar la presencia de posibles fugas de gases, aire o agua en todas las conexiones del horno.
5. Verificar en el panel de control las temperaturas de entrada y salida de los equipos.

6. Diligenciar formato

Notas / anexos:

Para cada actividad a realizar, verificar el procedimiento respectivo.

Diligenciar completamente los formatos y registrar la información leyéndola directamente de los instrumentos de la etapa.

Cualquier anomalía en la etapa debe quedar registrada en los formatos respectivos. Utilice las casillas correspondientes o el espacio de observaciones para este fin.

En todas las actividades realizadas en las estaciones retirar siempre todos los accesorios o herramientas utilizadas y los desechos generados.

7.3.4.2. Inspección, Mantenimiento y Calibración.

Periodicidad: Semestral.

En esta inspección se realiza las operaciones necesarias para la totalidad de los equipos de carga, combustión, tratamiento de gases y tratamiento de agua; teniendo como objeto comprobar el estado, grado de desgaste de los elementos que están sometidos a trabajo mecánico o erosivo, así como la sustitución o limpieza interna de los equipos y demás piezas metálicas que garanticen la estabilidad del horno.

Procedimiento:

1. Inspeccionar el correcto funcionamiento de los presóstatos, manómetros, electroválvulas, turbinas, válvulas de control, quemadores, sensores y transductores de temperatura.
2. Verificar y calibrar las presiones de agua de proceso por medio de las bombas centrifugas de tratamiento.
3. Revisar los quemadores, el tren de regulación gas y control de dosificación.

4. Registrar los valores de las presiones indicadas por los manómetros.
5. Verificar el accionamiento y estanqueidad de las válvulas de la instalación. Se verificará la presencia de posibles fugas de gases, agua de proceso y aire en todas las conexiones del horno.
6. Diligenciar el formato.

7.3.4.3. Mantenimiento quemadores

Periodicidad: Semestral.

.

Procedimiento:

1. Comprobar que no haya fuga de corriente en los cables de ignición y de encendido.
2. Medir la corriente de ignición:
Conectar un microamperímetro en el cable de ignición – corriente de ignición mínima 1 μA – señal estable.
3. Desconectar y dejar sin tensión la instalación.
4. Interrumpir el suministro de gas y de aire – no modificar los ajustes de los órganos de estrangulación.
5. Guardar el suplemento del quemador en un lugar adecuado para proteger los aislantes.
Según el grado de suciedad y de desgaste: Cambiar las varillas de los electrodos de encendido/ignición y la clavija de sujeción durante los trabajos de mantenimiento.
6. Comprobar la presencia de suciedad y grietas debidas al calor.
7. Después del cambio de los componentes del quemador: Aplicar pasta cerámica en los correspondientes puntos de unión, para evitar la soldadura fría en las uniones atornilladas.
8. Comprobar la posición de los electrodos:

Extraer la clavija acodada y desmontar el suplemento del quemador. El aislante debe quedar alineado con la cara anterior de la cabeza del quemador.

Distancia del electrodo de encendido a la clavija de masa o a la tobera de gas: $2 \pm 0,5$ mm ($0,08 \pm 0,02$ pulgadas).

9. Controlar los electrodos: En los tamaños de quemadores 65 hasta 140, se pueden cambiar los electrodos sin tener que desmontar el suplemento del quemador.
10. Eliminar la suciedad de los electrodos y los aislantes.
11. Cuando se ha enfriado la cámara del horno, controlar el tubo del quemador y el bloque de refractario a través de la brida del horno.
12. Cambiar el tubo del quemador defectuoso.

7.3.4.4. Mantenimiento ductos

Periodicidad: Trimestral.

Se recomienda una verificación del funcionamiento y limpieza una vez cada tres meses.

Procedimiento:

1. Realizar inspección visual sobre la superficie interna de los ductos.
2. Verificar muestras de corrosión en las uniones de los ductos y soldaduras.
3. Verificar estado de pintura y muestras de Óxido (corrosión) sobre la superficie metálica de los ductos.
4. Realizar limpieza sobre los ductos de todo el sistema, en cada uno de los diferentes procesos, puesto que se pueden generar obstrucciones que interfieren con el flujo de los gases y la correcta operación de la Planta EPI 300.
5. Se recomienda utilizar solventes que contengan desengrasante y aditivos

químicos que ayuden a la remoción de impurezas en los ductos y favorezcan la limpieza y protección de los ductos y pinturas.

7.3.4.5. Mantenimiento refractarios

Periodicidad: Trimestral.

Se recomienda una verificación del estado de los refractarios y limpieza una vez cada tres meses.

Procedimiento:

1. Realizar inspección visual sobre los elementos que contengan material refractario (ladrillo, Concrax, etc.), los cuales se encuentran en los siguientes elementos:

Combustor

Postcombustor

Chimeneas

Ciclones

Ductos de conexión entre ciclones y horno de incineración

2. Verificar desgaste mecánico en elementos que contengan ladrillo refractario (combustor y Postcombustor), que puede estar reflejado por:

Desplazamientos.

Aflojamiento del revestimiento.

Expansión térmica.

Deformación de la virola

Formación de surcos.

Esfuerzos por los anillos de retención.

3. Verificar desgaste químico en elementos que contengan ladrillo refractario

(combustor y Postcombustor), que puede estar reflejado por:

Infiltración de sales alcalinas

Desgaste químico por álcali

Efectos redox en el hierro

Hidratación

4. Verificar desgaste térmico en elementos que contengan ladrillo refractario (combustor y Postcombustor), que puede estar reflejado por:

Excesiva carga térmica

Migración de silicatos

Infiltración de fase líquida

Choque térmico

5. Verificar desgaste y estado en elementos que contengan concreto refractario (ductos, ciclones, chimeneas), así como realizar limpieza como acción de mantenimiento para prevenir la formación de costras y/u obstrucciones que impidan el flujo de los gases influyendo en el funcionamiento del horno y calidad del proceso.

7.3.4.6. Mantenimiento ventiladores y turbinas

Se recomienda una verificación del funcionamiento e inspección visual periódicamente como se especifica a continuación:

Procedimiento

1. Diariamente realizar inspección visual de las campanas y ductos de acceso y limpieza, presión estática de la campana, caída de presión a través del limpiador de aire, así como corroborar con los demás operarios sobre el funcionamiento en cambios de turno, etc.
2. Semanalmente verificar limpiadores de aire, carcasa del ventilador y estado de las bandas.
3. Mensualmente verificar componentes del limpiador de aire, motor y aletas

del ventilador.

4. Trimestralmente realizar inspecciones de elementos mecánicos del sistema que se encuentran sometidos a desgaste o fatiga, tales como rodamientos y piezas de transmisión de potencia y movimiento en el ventilador, para posteriormente determinar si es necesario cambiar o reemplazar dichos elementos.
5. Es recomendable mantener registros de las actividades relacionadas con los ventiladores dentro del sistema, puesto que estos registros pueden ser información útil para un diagnóstico en caso de realizarse servicio técnico.
6. Al realizar labores de mantenimiento verificar que la transmisión se encuentre apagada y bloqueada para evitar cualquier accidente y que el ventilador no pueda funcionar.
7. Se recomienda establecer un cronograma de lubricación de acuerdo a las condiciones de operación y uso de los ventiladores y turbinas, ya que de una correcta lubricación también depende el funcionamiento de los elementos.
8. A continuación se especifican algunas inspecciones necesarias en los ventiladores y turbinas:

Inspección de flujo de aire

- Revisión de obstrucciones y suciedad tanto a la entrada como a la salida del ducto
- Es necesario limpiar los respiraderos y colocar rejillas protectoras

Inspección de carcasa, rotor y eje

- Verificar apriete de tornillos y limpieza del rotor, puesto que la suciedad puede desbalancear al rotor.
- Es necesario cubrir los rodamientos con una película plástica y limpiar el rotor con vapor, chorro de agua, aire comprimido y un cepillo de alambre.

- Verificar si hay grietas en el rotor y de encontrar estas, es necesario sacar de funcionamiento el ventilador y realizar las reparaciones pertinentes.
- Verificar el desgaste de las aletas bandas y cubiertas del rotor, de encontrar desgastes en la mayoría de los casos las áreas afectadas por corrosión pueden ser reparadas con soldadura y posterior a esto se debe verificar el balanceo.

Inspección de alineación de rodamientos, acoples flexibles, rotor y campana de entrada.

- Se debe revisar la alineación de los rodamientos, los acoples flexibles, el rotor y la campana de entrada del ventilador periódicamente (se recomienda realizar un cronograma).
- Es necesario realizar esta verificación puesto que la falta de alineación causa sobrecalentamiento en rodamientos y motor, adicional a esto desgaste en los sellos de polvo de los rodamientos y fallas y desbalanceo de los rodamientos.

Inspección de recubrimientos de superficies

- Verificar las condiciones de las pinturas y/u otros recubrimientos, puesto que al realizar esta verificación y realizar una pintura periódica de las partes interiores y exteriores de los ventiladores y las turbinas extienden la vida de servicio del elemento.
- Se recomienda seleccionar pinturas que registren las temperaturas de operación, humedad excesiva, la intemperie si los ventiladores y turbinas están expuestos a ella o las sustancias corrosivas que puedan estar presentes en el ambiente de operación de los elementos.

Inspección de Dámperes y aletas de entrada variable

- Verificar si se encuentran bien apretadas o ajustadas todas las

conexiones, teniendo en cuenta la libertad de movimiento de todos los dámperes automáticos ya que las aletas deben ajustar herméticamente en posición cerrada, para lo cual se deben hacer los ajustes necesarios.

- Verificar los controles y los motores en operación y limpiar los dámperes y las aletas revisando muestras de corrosión y erosión.

Inspección de recubrimientos de carcasas y aletas

- Verificar el desgaste de los recubrimientos de las carcasas y las aletas, en caso de encontrar desgastes es necesario reemplazarlas puesto que los recubrimientos dañados pueden romperse y quedar libres dentro dañando el rotor.

Posibles problemas en los ventiladores:

1. Para velocidades de captura reducidas y emisiones excesivas la causa probable es la tasa de flujo reducida que puede ser ocasionada por:
 - Taponamiento o abolladuras y deformaciones de ductos
 - Bandas de transmisión de fuerzas del ventilador que deslizan
 - Puertas de acceso abiertas
 - Agujeros en los ductos o en los codos
 - Aletas del ventilador desgastadas
 - Limpiador de aire obstruido
 - Ventilador girando en dirección inversa
 - Brazos o campanas adicionales al sistema
2. Taponamiento constante del ducto que puede ser causado cuando existe velocidad de transporte inadecuada o cuando la condensación del vapor en el ducto humedece las partículas causando aglomeración del material, lo cual es resultado de un diseño deficiente y demás

condiciones que se enuncian en el numeral 1. descrito anteriormente.

7.3.4.7. Mantenimiento bombas

Se recomienda realizar periódicamente una limpieza total de las bombas, desmontándolas para quitar los depósitos que se presenten en los conductos.

Procedimiento

- Desmontar la bomba
- Realizar el correcto desarmado de la bomba teniendo en cuenta la ubicación y modo de extracción de acoples, rodamientos, cuñas, pines, sellos, retenedores, rodete, turbinas (fijas y móviles), voluta, ejes, etc.
- Realizar la limpieza en cada uno de los elementos.
- Verificar corrosión en los elementos
- Verificar desgaste y erosiones en piezas móviles (rodete, turbinas) los cuales pueden ser ocasionados por cavitación o impurezas en el fluido de operación de la bomba.
- Reacondicionar ajustes
- Verificar concentricidad de los anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores de la bomba
- Revisar todas las piezas montadas en el rotor
- Realizar verificación de vibraciones
- Se recomienda realizar un registro de todas las operaciones realizadas en la bomba junto a inspecciones y reparaciones para posteriores diagnósticos.

7.3.4.8. Mantenimiento termocuplas

Se recomienda realizar periódicamente una inspección visual y verificación de funcionamiento y limpieza de las termocuplas.

Procedimiento

- Se deben desmontar las termocuplas
- Verificar que no se haya deformado, perforado o sufrido cualquier avería por funcionamiento, montaje, desmontaje, golpes, agentes externos, etc.
- Verificar estado de los cables
- Desconectar los cables en el cabezal
- Sacar los cables con la termocupla
- Limpiar la grasa de los cables y termocuplas, verificar estado de las piezas y reemplazar la grasa que mejora la transferencia de calor en la termocupla.
- Verificar estado de las conexiones de las termocuplas
- De haber fallas en conexiones, cables y termocuplas será necesario reemplazar.

7.3.4.9. Mantenimiento compresores

Se recomienda realizar periódicamente una verificación de funcionamiento junto con una inspección visual del estado de los compresores y determinar acciones de mantenimiento teniendo en cuenta:

Procedimiento

1. Filtro de aspiración
 - Realizar comprobación del filtro de aspiración semanalmente.
 - Soplar el filtro cada 50 horas de servicio
 - Cambiar el filtro una vez al año
2. Control de nivel de aceite diariamente o antes de cada puesta en marcha.
3. Cambio de aceite después de 50 horas de servicio, si es aceite mineral una vez al año y si es aceite sintético cada dos años.
4. Limpieza de la válvula antiretorno anualmente, teniendo en cuenta que el depósito está bajo presión y que por lo tanto es necesario desalojar la

presión antes de realizar esta operación.

5. Comprobar las uniones atornilladas cada 500 horas de servicio, puesto que las vibraciones pueden generar el desajuste de estas y se puede ver afectado el funcionamiento y el estado del compresor.

7.3.4.10. Mantenimiento estructura

Se recomienda realizar periódicamente una inspección visual y verificación del estado de la estructura.

Procedimiento

1. Realizar inspección visual de la estructura buscando fisuras y humedades que puedan deteriorar la estructura metálica.
2. Realizar anualmente protección de la estructura con recubrimientos que contengan antioxidantes o anticorrosivos para prevenir que agentes ambientales deterioren la estructura.
3. Verificar estado de las soldaduras, dilataciones y cambio de las dimensiones (deformaciones) en la estructura metálica y realizar las acciones pertinentes de corrección a estos problemas.
4. Realizar reparación de los elementos estructurales deteriorados por un soldador y/o profesional calificado o certificado.

7.3.4.11. Mantenimiento lavador de gases en acero inoxidable

Se recomienda realizar periódicamente una inspección y limpieza del lavador de gases.

Procedimiento

1. Realizar inspección visual del estado del lavador (soldaduras, acabados, etc.).
2. Realizar inspección en los puntos de ubicación de las boquillas de

aspersión, verificando el estado de las boquillas.

3. Verificar interna y externamente el estado del acero inoxidable en busca de corrosión, abolladuras, deformaciones que afecten el funcionamiento y la limpieza del lavador, así como la búsqueda de corrosión en los puntos de instalación de las boquillas de aspersión.
4. Realizar la limpieza pertinente en el lavador, esto como acción consecuente para extender la vida útil de funcionamiento del lavador de gases y la calidad del proceso.

7.3.4.12. Mantenimiento boquillas de aspersión

Se recomienda verificar el estado de las boquillas y su funcionamiento periódicamente, así como realizar limpieza teniendo en cuenta que:

1. Al realizar tareas de mantenimiento se debe verificar el caudal de las boquillas según el tipo de bomba.

Para bombas centrifugas el flujo se verifica con monitor de lecturas del medidor de flujo para detectar aumentos o recoger y medir la pulverización de la boquilla por un período de tiempo determinado a una presión específica y luego se comparan estos datos con los caudales que figuran en el catálogo del fabricante (Spraying Systems Co), para boquillas tipo fulljet.

Para bombas de desplazamiento positivo se verifica controlando la presión de la línea de líquido de una baja y el caudal se mantiene constante.

2. Se debe verificar la presión de pulverización en el colector de la boquilla.
Para bombas centrifugas se deben vigilar los aumentos en el volumen de líquido pulverizado con una presión de aplicación constante.
Para bombas de desplazamiento positivo de debe verificar con un monitor de medidor de presión para la disminución de la presión y la reducción de

impacto en las superficies rociadas. (El volumen de líquido pulverizado es probable que se mantenga igual) También, para el aumento de presión debido a que pueden obstruirse las boquillas. Inspeccione visualmente los cambios en la cobertura de pulverización.

- 3.** Se debe verificar el tamaño de la gota examinando los resultados de la aplicación de los cambios debido a que el aumento de tamaño de gota no puede detectar visualmente en la mayoría de las aplicaciones. Un aumento en el caudal o una disminución de la presión de pulverización tendrá un impacto del tamaño de gota.
- 4.** Es necesario verificar el patrón de rociado en cada boquilla de la siguiente manera:
Inspeccionar visualmente los cambios en la uniformidad del patrón.
Comprobar el ángulo de aspersion con un transportador.
Si el orificio se está afectando poco a poco, los cambios no pueden ser detectados hasta que el caudal se haya incrementado sustancialmente.
- 5.** Se debe verificar el chorro plano de la siguiente manera:
De un orificio elíptico, de la boquilla proporciona un abanico plano o una hoja de tipo aerosol con los bordes rebajados, ideal para los patrones superpuestos adyacentes.
Inspeccione visualmente por una disminución en el ángulo interior del patrón aerosol, una mayor concentración de líquido en el centro del patrón, y/o las rayas y los vacíos en el patrón.
- 6.** Se debe verificar el cono hueco de la siguiente forma:
Inspeccione visualmente las secciones más pesadas en el anillo circular del líquido.
- 7.** Se debe verificar el cono lleno de la siguiente forma:
Inspeccione visualmente para mayores concentraciones de líquido en el centro del patrón y/o distorsión de la pulverización.
- 8.** Se debe verificar el aire de atomización de la siguiente forma:

Inspeccione visualmente para pesadez, estriaciones u otra distorsión del patrón de pulverización.

- 9.** Verificar limpieza de las boquillas, contenido de polvo etc.

8 FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1. FUENTES PRIMARIAS

La información primaria fue obtenida de la empresa ESA INGENIERIAS S.A.S. por intermedio de su gerente Edward Sotelo Avila, ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, quien realizó el diseño, construcción y montaje del horno de incineración y por la experiencia propia como gestora de residuos utilizando los procesos de incineración como disposición final desde hace doce años.

8.2. FUENTES SECUNDARIAS

La información secundaria fue obtenida de libros de mantenimiento, manuales de normas nacionales, de las monografías presentadas en semestres anteriores por estudiantes de la ECCI como opción de grado, de monografías consultadas en google académico, información suministrada por ingenieros de mantenimiento, asesorías brindadas por los docentes a lo largo de la especialización de gerencia en mantenimiento. Todo lo anterior referenciado en la bibliografía y la cibergrafía.

9. COSTOS

Los costos de la propuesta para implementar un plan de mantenimiento preventivo de un horno de incineración son: (Ver cálculo de costos Anexo 2)

| ACTIVIDAD | COSTO | OBSERVACIONES |
|--|-------------|--|
| Establecer las etapas y equipos utilizados en el proceso de incineración | \$3.000.000 | Se realizó una descripción de las etapas y equipos del horno, lo cual hará parte del manual del equipo (suministrado por la empresa que realizó el diseño, construcción y montaje del horno) |

| ACTIVIDAD | COSTO | OBSERVACIONES |
|---|--------------|---|
| Elaborar AMEF (Ingeniero de planta, Supervisor de mantenimiento, técnico de mantenimiento, operarios) | \$25.000.000 | Se estima para la elaboración del AMEF dos meses por trabajador, incluye capacitaciones y entrenamiento |

| ACTIVIDAD | COSTO | OBSERVACIONES |
|---|--------------|--|
| Elaborar e implementar formatos de mantenimiento (Jefe de Control de Calidad, Supervisor de mantenimiento, técnico de mantenimiento, operarios) | \$37.500.000 | Se estima para la elaboración e implementación de formatos tres meses por trabajador |

| ACTIVIDAD | COSTO | OBSERVACIONES |
|---|---------------|---|
| Proponer un plan de mantenimiento (Supervisor de mantenimiento, técnico de mantenimiento y operarios para realizar actividades de mantenimiento, equipos de sistemas de control de fallas, repuestos para realizar mantenimiento) | \$112.500.000 | Realizar las actividades de mantenimiento, contando con los equipos y repuestos requeridos. |

El costo total de la inversión inicial para implementar un plan de mantenimiento preventivo es de \$178.000.000 y mensualmente se estima que va a tener un costo fijo de mantenimiento: por nómina y costos de repuestos de \$12.500.000.

Los datos del proceso de incineración son:

| CONCEPTO | VALOR |
|---|---------------------------|
| Costo del horno | \$720.000.000 |
| Vida útil del horno | 10 años |
| Capacidad de incineración | 350 Kg/hora |
| Turnos de trabajo | 3 turnos 8 h/turno |
| Mantenimiento | 24 h/semana, (4 días/mes) |
| Días trabajados al mes | 26 días |
| Costo mantenimiento/mes | \$ 12.500.000 |
| Costo implementación mantenimiento | \$178.000.000 |
| Residuo Incinerado/mes 350 Kg/hora*24horas/día * 26 días/mes | 218.400 Kg/mes |
| Valor facturado: \$1.200/Kg * 218.400 Kg/mes | \$262.080.000/mes |
| Costo: 900/Kg * 218.400 Kg/mes | \$196.560.000/mes |
| Ganancia sin mantenimiento: (\$262.000.080-\$196.500.000) | \$ 65.520.000/mes |
| Ganancia con mantenimiento: (\$262.000.080-\$196.500.000-\$12.500.000) | \$ 53.020.000/mes |

De estos datos:

Si se realiza mantenimiento la utilidad mensual es de \$53.020.000 y por lo tanto la recuperación de la inversión inicial se realiza en 3,357 meses. (\$178.000.000/\$53.020.000)

Para un año de trabajo realizando mantenimiento el retorno de inversión del proyecto (ROI= Retorno de inversión del proyecto = Utilidades/Inversión) es:

$$\$636.240.000/\$178.000.000=3,57$$

Es decir por cada peso invertido en el proyecto se obtiene \$3,57 en el primer año de funcionamiento del equipo y el porcentaje de utilidad es del 357% resultando un proyecto rentable.

En el caso de no realizar mantenimiento preventivo, si se permiten 4días/mes de paradas para mantenimientos correctivos la indisponibilidad máxima es de 13,33.

Pero no realizar un mantenimiento preventivo hace que la vida útil del equipo disminuya, de tal forma que el horno pierde su capacidad de producción en corto tiempo y se deteriora completamente, el horno dejaría de funcionar correctamente en un año.

Ante esta situación y observando el cálculo de recuperación de la inversión se encuentra que se debe implementar el plan de mantenimiento.

10. TALENTO HUMANO

En este proyecto se pretende que la empresa encargada del proceso de incineración conozca cada uno de los equipos, vea la importancia de implementar un plan de mantenimiento, se capacite y establezca la prioridad de mantener un equipo en óptimas condiciones de forma que pueda trabajar ofreciendo un servicio de calidad, que sus trabajadores cuenten la seguridad ocupacional y de medio ambiente para que no tengan ningún riesgo en su salud.

Generalmente las empresas no consideran el mantenimiento como una inversión si no como un gasto, por tanto las actividades del proceso no siempre se desarrollan en su totalidad o se trabaja el equipo a media marcha; por tanto con este trabajo se pretende que se le dé al mantenimiento la importancia que tiene realmente.

El desarrollo de un programa de mantenimiento requiere que el personal se encuentre capacitado, que siga ciertas pasos para realizar la labor, lo que genera un valor agregado en el correcto funcionamiento de un equipo y la seguridad de su manejo de forma que todos los involucrados puedan tomar decisiones hacia la mejora continua de sus procesos, contemplando propuestas de desempeño del equipo en el campo de trabajo.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo le permitirá detectar las necesidades que se presentan en el funcionamiento de un proceso de incineración y luego de esto estandarizar los procesos y herramientas requeridas para mejorar la calidad del proceso
2. Dará las herramientas técnicas para que cualquier persona que tome las capacitaciones tenga la habilidad en el manejo de los procesos de las plantas de incineración y pueda prestar soporte técnico a la planta o validar su correcto funcionamiento.
3. La matriz de modo falla permitirá detectar y conocer las posibles fallas del equipo, disminuyendo los tiempos de reacción cuando se presenta un incidente.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de este proyecto se tiene que iniciar para conocer las necesidades que se presentan en una planta de incineración y posterior a esto la estandarización.
2. La implementación de este proyecto no solo está dirigido a una planta de incineración específica, se puede implementar en otras plantas de incineración de igual manera.
3. Las herramientas de mantenimiento utilizadas pueden ser implementada para otras tecnologías no solo en la parte técnica si no en la parte operativa, para que los operarios sean más críticos en las posibles fallas del equipo.
4. Debe implementarse un plan de mantenimiento en una planta de incineración ya que se presentan múltiples fallas que hacen que el equipo no funcione en forma adecuada si no se detectan y corrigen a tiempo, lo que implica que el horno no cumpla con la normatividad y la planta pierda su licencia.

11. BIBLIOGRAFIA

1. COLIN BAIRD, "Química Ambiental", Ed.Reverté S.A., 2001, Stanley E.
2. MANAHAN, "Introducción a la Química Ambiental", Ed.Reverté S.A., (1ªEd.), 2007
3. CARREÑO DAZA, Marving Leonel y GÓMEZ DÍAZ, John Alexander Identificación y análisis del costo de mantenimiento preventivo en concentradores de oxígeno de la empresa Cryogas S.A. Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento (TGM 13), 2010
4. GARCÍA BENAVIDES, Pedro Eladio y SOLANO BAUQUE, Guillermo Ramiro, Propuesta de mantenimiento preventivo de la industria de Plásticos Rucito Ltda., Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento (TGM 009), 2010
5. RODRÍGUEZ BENITEZ, Lilian Yasmith y SÁNCHEZ CASTELLANOS, Juan Camilo, Análisis de la etapa de operación y mantenimiento en el ciclo de vida de las bombas PCP de extracción de crudo pesado basado en la norma ISO 55000, Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento, 2014.
6. JIMENEZ LARA, Fabio Enrique y ROMERO BENITEZ, Edilberto, Diseño de un modelo de control y manejo ambiental apropiado de los residuos generados por las operaciones de mantenimiento en las empresas de buses del sistema de Transmilenio, Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento los ingenieros , 2011.
7. CASTIBLANCO GÓMEZ, Emigdio y LÓPEZ DÍAZ, Edwin Orlando, Formulación de un modelo de gestión de mantenimiento en una empresa de perforación petrolera al inicio de sus labores, Universidad Escuela

Colombiana de Carreras Industriales ECCI en la Especialización Gerencia de Mantenimiento, 2013

8. ZULUAGA LÓPEZ, Orlando, Modelo gerencial para la gestión administrativa del mantenimiento de aeronaves en una aerolínea colombiana, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2000.
9. FLECHAS VILLAMIL, Jairo y ORJUELA PÉREZ, Hernán, Análisis de modos y efectos de fallas aplicado al centro de cómputo de la biblioteca Luis Ángel Arango, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2001
10. ZAMBRANO PIÑEROS, Henry Elías, Diseño de un modelo gerencial de servicios para el sector automotor bogotano, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2000.
11. URREA RODRÍGUEZ, Ángel con la monografía Diagnóstico precoz de fallas en los equipos industriales, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, sede Bucaramanga, 2000.
12. RIVAS DIEGO, Armando, Metodología para la implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) basado en un sistema de mejoramiento continuo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Ajustar) En Manuelita S.A. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Ambiental, 2007.
13. ABARCA SIGCHO, Diego Fernando e IGLESIAS VASCO, Francisco Javier, Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación

de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de Eurolit En La Empresa Tubasec C.A., Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Mecánica Escuela De Ingeniería De Mantenimiento En Riobamba Ecuador, 2012.

14. ESPINOZA ESPINOZA, Luis Alberto y LÓPEZ NARANJO, Elena del Rocío, Implementación de un sistema de mantenimiento asistido por computadora, para el proceso profesional del control y administración del mantenimiento preventivo aplicado al parque automotor del gobierno autónomo descentralizado del Cantón Cevallos Provincia De Tungurahua, 2012.
15. VILLA VILCHIS, Víctor Alfonso, Criterios y parámetros utilizados para el proceso de mantenimiento integral en vehículos automotores, equipos eléctricos e instalaciones, Instituto Politécnico Nacional en México D.F, el ingeniero, 2010.
16. TIBURCIO RODRÍGUEZ, Veronika, “MRP II aplicado al mantenimiento productivo total” Universidad Mayor De San Marcos en Lima, Perú, 2002.
17. CABRERA MENDOZA, María Fernanda y VARGAS DUCHITANGA, Evelyn Verónica, Diseño de un sistema de gestión y control operacional para los activos de una empresa dedicada a la distribución de energía eléctrica, Escuela Superior Politécnica del Litoral en Guayaquil, Ecuador, 2.009.
18. Guía para presentación y entrega de trabajos de grado IF-IN-002 VERSION 4 del 28-Sep-2012, Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI.
19. <http://blog.enrimusa.com/>Febrero 12, 2013 Enrique Muñoz

ANEXO 1

NORMAS PARA EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|-------------------------------------|---|---|---|---|
| Recolección, cargue de contenedores | Manipulación y materiales residuos peligrosos | Ley 430 de 1998 de Min. Ambiente Decreto 4741 2005 minambiente | Artículo 2 (numerales 5,6 y 7) | Reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados. Generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización. Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente |
| Recolección, cargue de contenedores | Derrames accidentales | Ley 430 de 1998 de Min. Ambiente Decreto 4741 2005 minambiente Decreto 1713 de 2002 | Artículo 2 (numerales 5,6 y 7).Art. 14. | Reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados. Generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización. Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente. Art 14. el almacenamiento y presentación de los residuos sólidos son obligación del usuario |

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL. | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|---|---|--|---------------------------------------|--|
| La etapa de recolección cargue de contenedores | Contacto indirecto con residuos peligrosos | Ley 430 de 1998 de Min. Ambiente Decreto 4741 2005 minambiente | Artículo 2 (numerales 5,6 y 7) | Reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados. Generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización. Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente |
| Transporte, realizar mantenimiento de vehículos | Derrames de aceite | ley 430 de 1998 de Min. Ambiente Decreto 4741 2005 minambiente. Resolución 1188 de 2003 del DAMA | Artículo 2 (numerales 5,6 y 7). Art 6 | Reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados. Generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización. Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente. Art 6 obligaciones del acopiador |
| Transporte, lavado de vehículos | Uso de agua procedente de fuentes municipales | Decreto 1594 de 1984 de Min. | Artículo 30 | Art.30 Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas tales como higiene personal y limpieza de elementos materiales o utensilios. |
| Transporte, puesta en marcha de vehículos | Emisión de gas por exosto | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL. | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|--|--|---|--------------------|---|
| Recepción, apertura de la unidad de transporte | Emisión de olores ofensivos | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |
| Almacenamiento en contenedores metálicos | Almacenar cenizas y escorias | Decreto 1713 de 2002 de Min Ambiente. Ley 430 de Minambiente | Artículo 14. Art.2 | Art.14. El almacenamiento y presentación de los residuos sólidos son obligación del usuario. Art 2 Reducir la cantidad de residuos peligrosos que van a disposición final |
| Almacenamiento de residuos o materiales | Emanación de olores | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |
| Incineración, combustión | Emitir gases y material particulado a la atmosfera | Decreto 948 de 1995. Certificado de emisión de gases Minambiente. Decreto 02 de 1982 Ministerio de Salud. Decreto calidad de aire | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |
| Incineración, cargue del horno | Emisión de humos | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases. Res. 058 y 886 Min Ambiente. | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |
| Incineración, enfriamiento de cenizas | Generación de humos y vapores | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL. | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|--|--|---|---------------------------------------|--|
| Incineración | Consumo de energía eléctrica | Resolución 058 de 2002 y 0886 de 2004 Min. Ambiente | Art. 1. | Art. 1. Establecer los límites máximos permisibles y requisitos de operación para incineradores de residuos sólidos y líquidos con el fin de mitigar y eliminar el impacto de actividades contaminantes del medio ambiente. |
| Operación cuarto de humos | Generación de ruido por operación de motor | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Atr. 49, y 52. | Los generadores eléctricos de emergencia, o plantas eléctricas, deberán contar con silenciadores y sistemas que permitan el control de los niveles de ruido. Las áreas de desarrollo industrial, en todos los municipios y distritos, deberán establecer un área perimetral de amortiguación contra el ruido o con elementos de mitigación del ruido ambiental. |
| Retiro de cenizas y escorias del horno de incineración | Emisión de humos | Decreto 948 de 1995. certificado de emisión de gases | Artículo 3 | Art. 13 -- 3 toda descarga de contaminantes a la atmósfera solo se podrá efectuar dentro de los límites permisibles establecidos por ley |
| Disposición final de empaques | Derrames de ceniza | Decreto 1713 de 2002 de Minambiente. Ley 430 de Mis Ambiente | Artículo 14. Art.2 | Art.14. El almacenamiento y presentación de los residuos sólidos son obligación del usuario. Art 2 Reducir la cantidad de residuos peligrosos que van a disposición final |
| Mantenimiento de maquinaria | Generación de residuos de aceites usados | ley 430 de 1998 de Minambiente Decreto 4741 de 2005 minambiente. Resolución 1188 de 2003 del DAMA | Artículo 2 (numerales 5,6 y 7). Art 6 | Reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados. Generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización. Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente. Art 6 obligaciones del acopiador |

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL. | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|-----------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Elaboración de documentos | Utilizar papel | Decreto 2811 de 1974 de Presidencia | Art.9. (principios a, b, c, d, e, f) | El uso de los elementos ambientales y de recursos naturales renovables, deben hacerse para lograr su máximo aprovechamiento. |
| Lavado de vehículos | Vertimientos | Decreto 1594 de 1984 de Min. Agricultura | Artículo 3 | Art. 3º—Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos |
| Lavado de canecas | Vertimientos | Decreto 1594 de 1984 de Min. Agricultura | Artículo 3 | Art. 3º—Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos |
| Lavado de gases | Vertimientos | Decreto 1594 de 1984 de Min. Agricultura | Artículo 3 | Art. 3º—Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos |
| Transporte de residuos peligrosos | Lixiviados | Decreto 1609 de 2002 de Min Transporte | Art. 11. Literal k. | Art.11(k). Responder porque todas las operaciones de cargue de las mercancías peligrosas se efectúen según las normas de seguridad previstas, para lo cual dispondrá de los recursos humanos, técnicos, financieros y de apoyo necesarios para tal fin y diseñar un plan de contingencia para la atención de accidentes durante las operaciones de cargue y descargue teniendo en cuenta lo estipulado en la Tarjeta de Emergencia NTC 4532,- ANEXO N° 3 |
| Embalaje de residuos peligrosos | Embalaje de residuos peligrosos | Decreto 1609 de 2002 de Min Transporte | Artículo 5 | Rotulado y etiquetado de embalajes y envases: El rotulado y etiquetado de los embalajes y envases de las mercancías peligrosas debe cumplir con lo establecido para cada clase en la Norma Técnica Colombiana NTC 1692 Anexo 1 |

| OPERACION / ACTIVIDAD | ASPECTO AMBIENTAL | REQUISITO LEGAL. | ARTÍCULO | OBLIGACIONES |
|-----------------------------------|---|--|-----------------|--|
| Transporte de residuos peligrosos | Derrames | Decreto 1609 de 2002 de Min Transporte | Artículo 5 | C. Elementos básicos para atención de emergencias tales como: extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza, material absorbente y los demás equipos y dotaciones especiales de acuerdo con lo estipulado en la Tarjeta de Emergencia (Norma Técnica Colombiana NTC 4532, – Anexo N° 3–. |
| Transporte de residuos peligrosos | Incendio de Residuos peligrosos | Decreto 1609 de 2002 de Min Transporte | Artículo 5 | C. Elementos básicos para atención de emergencias tales como: extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza, material absorbente y los demás equipos y dotaciones especiales de acuerdo con lo estipulado en la Tarjeta de Emergencia (Norma Técnica Colombiana NTC 4532, – Anexo N° 3–. |
| Lavado de vehículos | Uso de agua, y generar agua residual y/o vertimientos | Decreto 1594 de 1984 de Min. Agricultura | Artículo 3 | Art.3º Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos |
| Lavado de gases | Recirculación de agua | Decreto 1594 de 1984 de Min. Agricultura | Artículo 3 | Art.3º Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público ya a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos |

ANEXO 2

DETALLE CALCULOS

| PERSONAL INVOLUCRADO | SALARIO BASICO POR PERSONA | % TIEMPO PARA MTTO | NOMINA TOTAL + PRESTACIONES | % AMEF | % TIEMPO CAPACITACIONES | % TIEMPO FORMATOS | % TIEMPO PLAN MTTO | \$ TIEMO AMEF | \$ TIEMPO CAPACITACIONES | \$ TIEMPO FORMATOS | \$ TIEMPO PLAN MTTO | |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|--------|-------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| JEFE CONTROL DE CALIDAD | \$ 4.000.000,00 | 12,5% | \$ 748.100,00 | 0,0% | 25,0% | 50,0% | 0,0% | \$ - | \$ 1.496.200,00 | \$ 2.992.400,00 | \$ - | |
| AUXILIAR CONTROL DE CALIDAD | \$ 2.500.000,00 | 0,0% | \$ - | 0,0% | 0,0% | 100,0% | 0,0% | \$ - | \$ - | \$ 3.740.500,00 | \$ - | |
| INGENIERO DE PLANTA | \$ 2.500.000,00 | 25,0% | \$ 935.125,00 | 12,5% | 25,0% | 12,5% | 0,0% | \$ 467.562,50 | \$ 935.125,00 | \$ 467.562,50 | \$ - | |
| SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | \$ 3.000.000,00 | 100,0% | \$ 4.488.600,00 | 12,5% | 25,0% | 25,0% | 37,5% | \$ 561.075,00 | \$ 1.122.150,00 | \$ 1.122.150,00 | \$ 1.683.225,00 | |
| AUXILIAR TECNICO MANTENIMIENTO | \$ 1.500.000,00 | 100,0% | \$ 2.244.300,00 | 12,5% | 25,0% | 25,0% | 37,5% | \$ 280.537,50 | \$ 561.075,00 | \$ 561.075,00 | \$ 841.612,50 | |
| 9 OPERARIOS | \$ 718.350,00 | 25,0% | \$ 2.418.289,36 | 0,0% | 25,0% | 12,5% | 25,0% | \$ - | \$ 2.418.289,36 | \$ 1.209.144,68 | \$ 2.418.289,36 | |
| | | | \$ 10.834.414,36 | | | | | TOTALES | \$ 1.309.175,00 | \$ 6.532.839,36 | \$ 10.092.832,18 | \$ 4.943.126,86 |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| COSTO TOTAL NOMINA MANTENIMIENTO | \$ 10.834.414,36 |
| COSTOS REPUESTOS | \$ 1.500.000,00 |
| COSTOS MANTENIMIENTO MENSUAL | \$ 12.334.414,36 |

| | | | | | |
|--|-------------------------|--|-------------------------|---|--------------------------|
| COSTOS TIEMPO AMEF/MES | \$ 1.309.175,00 | COSTOS TIEMPO PARA ELABORACION FORMATOS/MES | \$ 10.092.832,18 | COSTO TIEMPO PLAN MANTENIMIENTO | \$ 4.943.126,86 |
| COSTO TIEMPO CAPACITACIONES/MES | \$ 6.532.839,36 | COSTOS DIGITAR FORMATOS 1 SECRETARIA (SALARIO: \$1500.000+ PRESTACIONES) | \$ 2.244.300,00 | COSTO EQUIPOS CONTROL FALLAS: PARA TEMPERATURA, ANALISIS VIBRACIONES, CONTROL EMISIONES | \$ 100.000.000,00 |
| COSTO CAPACITACIONES 13 PERSONAS/MES 40 HORAS A \$75.000/h | \$ 3.000.000,00 | COSTOS PAPELERIA E IMPRESION FORMATOS, CORRESPONDENCIA/MES | \$ 200.000,00 | COSTO REPUESTOS INICIALES | \$ 7.500.000,00 |
| COSTO PAPELERIA CAPACITACIONES/MES | \$ 150.000,00 | COSTO TOTAL IMPLEMENTAR FORMATOS/MES | \$ 12.537.132,18 | COSTO TOTAL PLAN MANTENIMIENTO/MES | \$ 112.443.126,86 |
| COSTOS REFRIGERIOS CAPACITACIONES/MES | \$ 1.500.000,00 | | | | |
| COSTO TOTAL AMEF + CAPACITACIONES/MES | \$ 12.492.014,36 | | | | |