

**ELABORACIÓN DE UN MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA
EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLÁTIL DE LAS UNIDADES II
Y III DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA DE PAIPA, GESTION
ENERGÈTICA S.A E.S.P.**

GUSTAVO ANDRÉS ANGEL FLECHAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

**ELABORACIÓN DE UN MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA
EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLÁTIL DE LAS UNIDADES II
Y III DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE PAIPA, GESTION
ENERGÈTICA S.A E.S.P.**

GUSTAVO ANDRÉS ANGEL FLECHAS

**Monografía de Grado como requisito para optar por el título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director

PEDRO PABLO COMBARIZA GONZALEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones recibidas y la oportunidad de alcanzar una meta más en la búsqueda del crecimiento a nivel profesional y personal.

A mi Mamá, padrinos, hermanos y sobrinos por su apoyo y dedicación.

A monseñor Luis Antonio Corredor Pinto e Isabel Corredor Pinto, quienes desde la eternidad siguen guiándome con su bondad hacia la búsqueda del éxito profesional y humano.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

A Gestión Energética S.A. GENSA S.A. E.S.P. – División de Generación – Termopaipa, por permitirme tomar el tiempo y espacio requerido para realizar esta especialización. A mis compañeros de la Unidad de Servicios Técnicos en cabeza del ingeniero Carlos Martínez Jacquin por su amistad, apoyo y colaboración prestada. Al ingeniero Pedro Pablo Combariza González – Líder unidad de producción por su amistad y permanente colaboración ofrecida en la dirección de la monografía de grado. A todas las áreas de la central Termopaipa (Mantenimiento, operaciones, administrativo), quienes con su colaboración de forma directa o indirecta aportaron para la realización de este proyecto. Al personal de la firma ALSTOM POWER Walter Ferreira, Alessandro Wuo, Antonio Pinheiro, Osvaldo Telesi Castro, Mattias Lagerstedt por su colaboración, experiencia y conocimientos transmitidos. A Larry Gale de la firma CHEMITHON por su colaboración, experiencia y conocimientos transmitidos. A Bill Gilmore de la firma United Conveyor Corporation por su colaboración, experiencia y conocimientos transmitidos. A mis grandes amigos Roy Gamboa y Silvio Allara, por su apoyo y colaboración durante las estadías en la ciudad de Bogotá en cada clase asistida. Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por la gran labor de transmisión de los conocimientos y experiencias durante la realización del programa de especialización. A mis compañeros de la cohorte XX por su amistad, colaboración, gran calidad humana y por compartir los conocimientos y experiencias adquiridas a lo largo de la vida profesional durante esta especialización.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	18
1. GESTION ENERGETICA S.A. - GENSA S.A. E.S.P	19
1.1 RESEÑA HISTORICA	19
1.2 UBICACIÓN	22
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	24
1.3.1 Misión	25
1.3.2. Visión	25
1.3.3 Valores Corporativos	25
1.3.4 Política del sistema integrado de gestión	26
1.3 PROCESO DE GENERACIÓN TÉRMICA A BASE DE CARBÓN	26
1.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLATIL	33
1.1.4 Breve descripción de los sistemas en la unidad II	33
1.4.2 Breve descripción de los sistemas en la unidad III	33
1.5 OBJETIVOS	34
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	34
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	34
2. MARCO TEORICO	35
2.1 PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS TIPO SECO	35
2.1.1 Cargue de las partículas	39
2.1.2 Recolección	40
2.1.3 Martilleo	41
2.1.4 Remoción de ceniza	42
2.1.5 Transporte	42
2.2 SISTEMAS DE CENIZA VOLÁTIL	43
2.2.1 Sistemas Presurizados	44
2.3 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	46

2.3.1 El Mantenimiento Preventivo	48
2.3.1.1 Definiciones Del Mantenimiento y Del Mantenimiento Preventivo (MP)	48
2.3.1.2 Tipos del mantenimiento	54
3. METODOLOGIA	59
3.1 RECOLECCION DE LA INFORMACION	59
3.1.1 Taxonomía de los componentes del sistema	59
3.1.2 Revisión detallada de manuales de fabricante	63
3.1.3 Descripción de los equipos y especificaciones técnicas	63
3.1.3.1 Precipitador electrostático unidad 2	63
3.1.3.2 Precipitador electrostático unidad 3	66
3.1.3.3 Sistema de inyección de SO ₃	85
3.1.3.4 Sistema de transporte ceniza volátil unidades 2 y 3	93
3.1.4 Historial de mantenimiento y fallas	97
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA	109
4.1 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD 2	109
4.2 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD 3	109
4.3 SISTEMA DE INYECCION DE SO ₃	109
4.4 SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLATIL UNIDADES 2 Y 3	109
5. MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	110
5.1 Programa de mantenimiento preventivo	110
5.2 Programa de mejoras o actualizaciones requeridas	110
5.2.1 Precipitador electrostático unidad 2	110
5.2.2 Precipitador electrostático unidad 3	112
5.2.3 Sistema de Transporte de ceniza volátil unidades 2 y 3	113
6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	116
7.CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFIA	118
ANEXOS	119

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Jerarquización equipos sistema transporte de ceniza volátil Unidad 2	118
Tabla 2. Jerarquización equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 3	133
Tabla 3. Jerarquización de los equipos de la planta SO3	145
Tabla 4. Especificaciones técnicas accionamiento de los Sistemas de emisión precipitador electrostático unidad 2	152
Tabla 5. Especificaciones técnicas accionamiento de los sistemas de colección precipitador electrostático unidad 2	153
Tabla 6. Especificaciones técnicas elementos calefactores de los aisladores soportes precipitador electrostático unidad 2	154
Tabla 7. Especificaciones técnicas transformadores rectificadores precipitador electrostático unidad 2	154
Tabla 8. Especificaciones técnicas precipitador electrostático unidad 3	156
Tabla 9. Especificaciones técnicas accionamientos de los sistemas de emisión y colección precipitador electrostático unidad 3	159
Tabla 10. Especificaciones técnicas ventilador de barrido (air flushing) precipitador electrostático unidad 3	160
Tabla 11. Especificaciones técnicas elementos calefactores	161
Tabla 12. Especificaciones técnicas transformadores rectificadores	163
Tabla 13. Especificaciones equipos planta SO3	164
Tabla 14. Especificaciones técnicas equipos sistema transporte de ceniza unidad 2	169
Tabla 15. Especificaciones técnicas equipos sistema de transporte de ceniza unidad 3.	174
Tabla 16. Distribución ordenes de trabajos correctivos por equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 2.	177

Tabla 17. Distribución ordenes de trabajos correctivos por equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 3.	179
Tabla 18. Programa mantenimiento preventivo equipos precipitador unidad 2	181
Tabla 19. Programa mantenimiento preventivo equipos planta SO3	185
Tabla 20. Programa mantenimiento preventivo precipitador Electrostático unidad 3	189
Tabla 21. Programa mantenimiento preventivo sistema de transporte de ceniza volátil unidades 2 y 3	194

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sedes principales	23
Figura 2. Ubicación planta Termopaipa	23
Figura 3. Organigrama Corporativo	24
Figura 4. Proceso de generación de energía	27
Figura 5. Ciclo combustión de carbón de la central Termopaipa	30
Figura 6. Ciclo de agua de alimentación hacia caldera	31
Figura 7. Ciclo de generación de energía eléctrica	32
Figura 8. Transmisión y Distribución de Electricidad	32
Figura 9. Curva de resistividad típica de ceniza volátil	37
Figura 10. Instalación típica de un generador de trióxido de azufre	38
Figura 11. Equipo de control particulado – vista de planta.	39
Figura 12: Precipitador electrostático de marco rígido.	40
Figura 13. Cargue de las partículas y colección dentro de un ESP.	41
Figura 14. Mecanismos de martilleo (rapping) en un precipitador electrostático.	42
Figura 15. Arreglo típico de ubicaciones de descarga de cenizas y cantidades estimadas en calderas de carbón.	44
Figura 16. Alimentador de transporte sin dispositivo de aireación.	45
Figura 17. Sistema de transporte de ceniza volátil tipo presurizado.	46
Figura 18. Diagrama de árbol de los equipos existentes en el CMMS infom@nte.	60
Figura 19. Diagrama de flujo sistema de ceniza volátil unidad 2	61
Figura 20. Diagrama de flujo sistema de ceniza volátil unidad 3	62
Figura 21. Arreglo general precipitador unidad 2	65
Figura 22. Estructura precipitador electrostático unidad 3	68
Figura 23. Disposición de los aisladores soportes	71

Figura 24. Parrillas de distribución de gases	72
Figura 25. Placas deflectoras	73
Figura 26. Electrodo tipo espiral	74
Figura 27. Accionamiento sistema de emisión	75
Figura 28. Electrodos de colección	78
Figura 29. Accionamiento del sistema golpeador de colección	79
Figura 30. Resistencia calefactora tolvas descarga ceniza	79
Figura 31. Sistema air flushing (Aire Caliente)	80
Figura 32. Disposición screen sistema “Off Flow”	82
Figura 33. Arreglo de levas sistema “Off Flow”	83
Figura 34. Diagrama de bloques de la configuración básica	86
Figura 35. Diagrama de flujo sistema generación SO ₃ con aire seco	89
Figura 36. Sistema “Biasing” Flujo dividido sistema SO ₃	91
Figura 37. Secuencia de funcionamiento alimentadores de ceniza volátil	94
Figura 38. Componentes sistema Nuvafeeder®	96
Figura 39. Detalle válvula de cargue y descargue	97
Figura 40. Actualización en las válvulas de cargue y descargue alimentadores de ceniza.	114

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Central Termoeléctrica de Paipa	24
Foto 2. Precipitador electrostático cámara A unidad 2	64
Foto 3. Precipitador electrostático unidad 3	69
Foto 4. Disposición sistema Air flushing en precipitador unidad 3	81
Foto 5. Unidad SIR instalada en el campo 1 del precipitador de la unidad 3.	84
Foto 6. Tanque derretidor de azufre	87
Foto 7. Generador de vapor del sistema de calentamiento tanque derretidor de azufre.	88
Foto 8. Quemador de azufre y convertidor catalítico	90
Foto 9. Sistema “Biasing” Sistema SO ₃	92
Foto 10. Inyectores hacia ducto de gases de escape entrada precipitador unidad 3	92
Foto 11. Sistema de ceniza volátil precipitador electrostático cuerpo A unidad 2	95
Foto 12. Alimentador Nuvafeeder®	95
Foto 13. Desgaste presentado en placas colectoras campo A precipitador unidad 2	99
Foto 14. Rotura en placas colectoras precipitador electrostático unidad 2	99
Foto 15. Desgaste en zapatas de contacto mecanismo de martilleo electrodos precipitador unidad 2	100
Foto 16. Suciedad en aisladores precipitador unidad 2	100
Foto 17. Desgaste en bujes eje sistema martilleo placas colectoras	101
Foto 18. Suciedad en placas colectoras precipitador unidad 3	102
Foto 19. Suciedad en aislador soporte precipitador unidad 3	103
Foto 20. Bajas temperaturas de inyección de SO ₃ con producción de condensación acida en inyectores ducto gases precipitador unidad 3.	104

Foto 21. Fuga de ceniza en junta de expansión línea de transporte precipitador unidad 2.	105
Foto 22. Desgaste abrasivo irregular en disco válvula de cargue sistema ceniza volátil unidad 3	106
Foto 23. Desgaste abrasivo en disco válvula de igualación sistema de ceniza volátil unidad 3	106
Foto 24. Atascamiento en la línea de transporte precipitador cuerpo A unidad 2.	107
Foto 25. Desgaste en disco válvula manual de corte hacia alimentador	107
Foto 26. Trabajos de cambio de elementos internos precipitador electrostático cuerpo A unidad 2.	110
Foto 27. Ejecución de actividades de mantenimiento en los sistemas de ceniza volátil unidades 2 y 3	113
Foto 28. Revisión de válvula de corte fila A precipitador electrostático cuerpo A unidad 2.	114

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. Tablas de Jerarquizacion de equipos.....	119
--	-----

+

RESUMEN

TITULO: ELABORACIÓN DE UN MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLÁTIL DE LAS UNIDADES II Y III DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE PAIPA, GESTION ENERGÈTICA S.A E.S.P.*

AUTOR: GUSTAVO ANDRES ANGEL FLECHAS**

PALABRAS CLAVES: Ceniza volátil, Mantenimiento Preventivo, Medio Ambiente.

DESCRIPCION

Este proyecto tiene por objeto la elaboración de un programa estructurado para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de la Central Termoelectrica de Paipa en los sistemas de transporte de ceniza volátil desde su captación en los precipitadores electrostáticos hasta la línea de transporte del sistema de transporte hacia el silo.

Se realiza el estudio de los sistemas mediante la información obtenida de los manuales de los fabricantes, personal de operación y mantenimiento para crear un programa de mantenimiento preventivo con el objeto de evitar estados de falla de los equipos, los cuales son críticos para reducir las emisiones atmosféricas de material particulado provenientes de la combustión del carbón en las calderas de las unidades de generación.

Se realiza la identificación de los equipos que conforman los sistemas y se organizan de acuerdo al esquema funcional; así como sus especificaciones técnicas. Se describen a detalle cada uno de componentes. Es realizada una revisión del historial de mantenimiento para establecer modos de falla y un diagnóstico para generar el programa de mantenimiento preventivo y un plan de mejoras, las cuales serán presentadas al comité técnico para su implementación.

Durante la realización del presente trabajo de monografía se llevaron a cabo algunas de las mejoras propuestas.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Especialización en Gerencia de Mantenimiento,
Director Pedro Pablo Combariza González, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: DEVELOPMENT OF A MANAGEMENT MODEL FOR PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE FLY ASH CONVEYOR SYSTEM OF GENERATING UNITS II AND III OF TERMOPAIPA POWER PLANT, COMPANY GESTION ENERGÉTICA S.A. E.S.P.*

AUTHORS: GUSTAVO ANDRES ANGEL FLECHAS**

KEYWORDS: Fly Ash, Preventive Maintenance, Environment

DESCRIPTION

This project aims to develop a structured approach to the development of the maintenance activities in Termopaipa Power Plant for the fly ash conveyor systems starting from collection in the electrostatic precipitators to the conveyor transporting line to the fly ash silo.

The study of systems is done by information obtained from manufacturers' manuals, operating and maintenance personnel to create a preventive maintenance program in order to avoid states of equipment failure which are critical to reduce atmospheric emissions of particulate matter from coal combustion in boilers of those generating units.

An identification of equipment and technical specifications of system according to functional scheme was performed. Each component was described in detail. A review of maintenance history was made to establish failure modes and diagnosis to generate a preventive maintenance program and an improvement plan which will be submitted to technical committee for implementation.

During the preparation of this monograph work some of the proposed improvements were made.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Pedro Pablo Combariza Gonzalez, Mechanical Engineer.

INTRODUCCION

Ante las nuevas exigencias del mercado en cuanto a eficiencia, eficacia, competitividad y productividad, es requerido mantener los activos de producción en condiciones óptimas que garanticen su funcionamiento de manera continua y sostenible, en donde la división de mantenimiento juega un rol de gran importancia e impacto.

Dentro de la política del sistema integrado de gestión de GENSA S.A. E.S.P se establece el superar las expectativas de los clientes a través del mejoramiento continuo, razón por la cual los procesos tanto internos como externos están sometidos a constantes revisiones y mejoras para ir logrando las metas establecidas dentro de la planeación estratégica de la compañía. Dentro del proceso de mejoras, mantenimiento se une a este propósito.

El presente proyecto busca diagnosticar el funcionamiento y la condición de mantenimiento actual para establecer los factores de mejora del sistema de transporte de cenizas volátiles, las cuales son generadas dentro del proceso de generación de electricidad por la combustión del carbón pulverizado en las calderas de las unidades II y III de la central termoeléctrica de Paipa para la compañía GESTION ENERGÉTICA S.A. GENSA S.A. E.S.P.

1. GESTION ENERGETICA S.A. – GENSA S.A. E.S.P

1.1 RESEÑA HISTORICA

Gestión Energética S.A. ESP GENSA es una empresa de Servicios Públicos mixta, constituida como sociedad por acciones, del tipo de las anónimas y sometida al régimen general de los servicios públicos domiciliarios, que ejerce sus actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil.

GENSA fue creada el 4 de mayo de 1993, bajo el nombre de Hidroeléctrica La Miel S.A. ESP Hidromiel, con el objeto de desarrollar centrales hidroeléctricas en el Oriente de Caldas, teniendo como principales accionistas a Interconexión Eléctrica S.A. ISA, la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC, los Departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda y varios de sus municipios y una serie de accionistas privados minoritarios.

En el proceso de construcción de la Hidroeléctrica Miel I, de acuerdo con los esquemas utilizados por el Gobierno para el desarrollo de esta importante Central, Hidromiel realizó el Gerenciamiento Técnico y Administrativo de la Obra a través del manejo del Fideicomiso Miel I, coordinando los diferentes actores que intervenían en este desarrollo: diseñador, constructor, interventor.

A partir del año 2003, teniendo en cuenta que ni el Gobierno ni otros inversionistas privados tenían previsto el desarrollo de algunos de los Proyectos potenciales detectados en el Oriente de Caldas, se vendió a los principales accionistas la idea de incursionar en otros negocios afines con la prestación del servicio de energía eléctrica, quienes decidieron continuar con la empresa como el vehículo del Gobierno para solucionar diversos problemas coyunturales del sector eléctrico, haciendo un cambio de razón social que permitiera darle mayor connotación

nacional, se ajustara a su quehacer real y no estuviera ligada al de la Central Hidroeléctrica Miel I, ya entonces en funcionamiento y de propiedad de ISAGEN.

Fue así, que como resultado de un concurso entre los empleados, surgió el nombre de Gestión Energética S.A. ESP, que se adoptó oficialmente desde el 27 de febrero de 2004, el cual se ajusta perfectamente a la variedad de actividades que contempla el objeto principal de la sociedad, las cuales se enuncian a continuación:

- Prestación de uno o más de los servicios públicos de que trata la Ley 142 de 1994 o realización de una o varias de las actividades que la ley considera como complementarias, o una y otra actividad.
- Promoción del desarrollo de proyectos hidroeléctricos y de cualquiera otra fuente de energía convencional, y no convencional o alternativa, incluyendo los posibles trasvases hídricos para aumentar la producción de centrales generadoras.
- Promoción y desarrollo de programas y proyectos de Uso Racional de la Energía (URE) y fuentes no convencionales de energía.
- Construcción, administración, operación, mantenimiento y reparación de todo tipo de infraestructura eléctrica (centrales de generación, líneas y subestaciones eléctricas)
- Exploración, explotación y beneficio de minerales, de canteras y de materiales de construcción.
- Realización de estudios de consultoría, interventoría, dirección y administración técnica, construcción, operación y mantenimiento en cualquier actividad,

proyectos, Obras Civiles, electromecánicas y trabajos anexos y complementarios.

- Realización de estudios de consultoría, interventoría, y todo lo relacionado con la gestión ambiental de infraestructura existente y proyectos en general, así como Estudios de Impacto Ambiental, (EIA), Planes de Manejo Ambiental (PMA), gestión de licenciamientos ambientales, planes de reforestación de cuencas hidrográficas, explotación industrial y comercial de las mismas, actividades ecológicas, turísticas, socioeconómicas, de prestación de servicios públicos en las zonas y corredores territoriales de influencia de los proyectos que realice o realicen otros y en un todo con los estudios correspondientes que se ejecuten con tales propósitos.
- Realización de inversiones, actividades comerciales de energéticos de uso industrial o cualesquiera otros productos relacionados con la prestación de servicios públicos, el medio ambiente o actividades conexas y complementarias.

Desde el año 2004 GENSA empezó a abrir su portafolio de servicios, realizando actividades de Administración, Operación y Mantenimiento (AOM) de Infraestructura Eléctrica (centrales de generación, subestaciones y líneas de distribución de energía), interventoría de Obras de Infraestructura energética y estudios de consultoría y gerenciamiento de proyectos.

En el 2005, cuando el Gobierno Nacional decidió capitalizar a GENSA S.A. E.S.P. con los activos de generación de Termopaipa, representados en las Unidades I, II y III de la Central y el Contrato de Compra venta de potencia con la Central Termoeléctrica Paipa IV que tenía EBSA S.A. ESP con la Compañía Eléctrica de Sochagota CES, contrato conocido como el PPA de Paipa IV, para que fuera administrado hasta su terminación en el año 2019, GENSA S.A. E.S.P., se

convirtió en el mayor productor térmico a carbón en el país y empezó a obrar como generador y comercializador en el Mercado de Energía Mayorista (MEM).

Actualmente, GENSA continúa complementando su Sistema Integrado de Gestión por medio de la integración de modernas herramientas administrativas y de gestión, que la han llevado a certificar sus procesos bajo las normas NTC ISO 9001, NTC GP 1000, OSHAS 18001 e ISO 14001., con el fin de convertir a GENSA en la empresa líder en el manejo de recursos del Gobierno destinados a mejorar la calidad de los servicios públicos para un mayor bienestar de todos los colombianos. Así mismo centra sus esfuerzos en el propósito de mejorar su desempeño energético, el uso y consumo de la energía y demás recursos naturales en todos sus procesos, realizando las gestiones para alinear la organización en la norma ISO 50001_eficiencia energética¹.

1.2 UBICACIÓN

GESTION ENERGETICA S.A. - GENSA S.A. E.S.P ha hecho presencia en 31 departamentos en Colombia desde el año 2005 a través de proyectos de generación de energía, Redes de distribución, Generación en las ZNI (Zonas no Interconectadas), Infraestructura Civil y tecnológica.

El presente proyecto es llevado a cabo en la Central Termoelectrica de Paipa, ubicada en el Km 3 Via Paipa – Tunja.

¹ M003- Manual despliegue del SIG

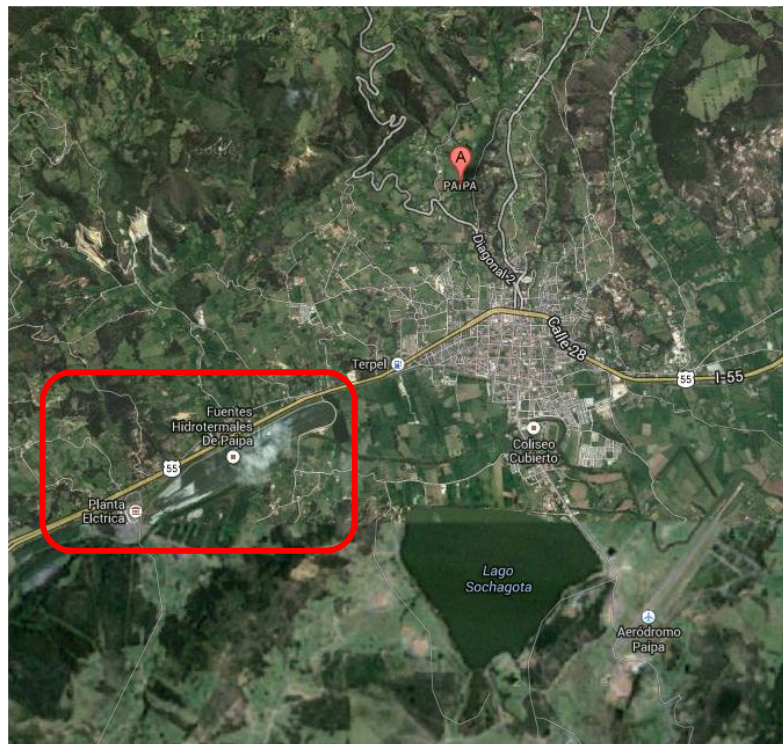
Figura 1. Sedes principales

Nuestras Sedes 

 <p>Manizales (Caldas) - sede principal Carrera 23 No 64B - 33 Torre GENSA - Teléfono: + 57 (6) 8756262 Teléfono: + 57 (6) 8756262 Fax: + 57 (6) 8756151 Línea gratuita: 018000969292</p>	 <p>Bogotá (Cundinamarca) Carrera 68D # 25B - 86. Edif. Centro Comercial y de Negocios, oficina 729 Teléfonos: + 57 (1) 427 3497 Fax: + 57 (1) 427 3510</p>	 <p>Paipa (Boyacá) Km 3 vía Paipa - Tunja. Teléfonos: + 57 (8) 7850018 - 7850675 Fax: + 57 (8) 7853733 - 7850847</p>
---	---	--

Fuente: <http://www.gensa.com.co>

Figura 2. Ubicación planta Termopaipa



Fuente: <https://maps.google.es>

Foto 1. Central Termoeléctrica de Paipa



Fuente: El autor

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 3. Organigrama Corporativo



Fuente: <http://www.gensa.com.co>

1.3.1 Misión

Contribuimos a mejorar la calidad de vida y al progreso de las regiones donde interactuamos, a través del desarrollo eficiente y sostenible de actividades con énfasis en el sector energético, generando valor para los grupos de interés.

1.3.2. Visión

GENSA en el año 2014 será una empresa con solidez financiera y proyección en Latinoamérica, reconocida por su excelencia operativa, mejoramiento continuo y responsabilidad social empresarial, generando valor para sus grupos de interés.

1.3.3 Valores Corporativos

ÉTICA: Actuar de acuerdo con el conjunto de preceptos morales y normas legales y profesionales que rigen la conducta de los funcionarios de GENSA.

RESPONSABILIDAD: GENSA y sus colaboradores actúan coherentemente entre los derechos y deberes adquiridos en función del bienestar de la comunidad y la superación de las expectativas de sus clientes.

COMPROMISO: Es el interés, esfuerzo, entrega y dedicación de los funcionarios y de GENSA en el cumplimiento de las acciones e ideales de la organización.

VOCACIÓN DE SERVICIO: Es la actitud que GENSA tiene con la transformación positiva del entorno en beneficio de la comunidad.

INTEGRIDAD: En GENSA actuamos con coherencia entre lo que se propone, planea y ejecuta.

IDEA DE NEGOCIO: Soluciones competitivas y efectivas en asesoría, diseño y gestión de proyectos y actividades con énfasis en el sector energético.

FILOSOFÍA: GENSA es una empresa de servicios públicos con proyección internacional, especializada en generación y comercialización de energía, gerenciamiento de proyectos, administración, operación y mantenimiento de activos del sector energético, brindando a sus clientes soluciones sostenibles con calidad.²

1.3.4 Política del sistema integrado de gestión

GENSA S.A E.S.P. cumple con los requisitos legales e institucionales que garantizan una eficiente, efectiva y eficaz gestión en el desarrollo de proyectos con énfasis en el sector energético, involucrando a todos sus grupos de interés en la seguridad industrial, salud ocupacional y protección del medio ambiente. Nuestra gestión propende por la calidad y el compromiso con la prevención de riesgos, el manejo sostenible de nuestros procesos y el entorno social, convirtiéndonos en una empresa líder que orienta sus esfuerzos hacia la producción más limpia y el empleo eficiente de los recursos naturales renovables, uso racional de la energía y disminución de costos, superando las expectativas a través del mejoramiento continuo.

1.3 PROCESO DE GENERACIÓN TÉRMICA A BASE DE CARBÓN

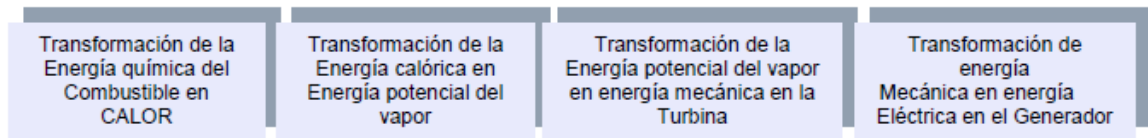
GENSA participa en el mercado de energía mayorista colombiano, en calidad de generador de energía eléctrica, a través de la explotación comercial de la central Térmica a Carbón Termopaipa, la cual está ubicada en el municipio de Paipa, departamento de Boyacá, a una altura de 2576 metros sobre el nivel del mar, distante 195 Km. del norte de Bogotá. Está formada por tres unidades generadoras que en su orden fueron montadas y puestas en operación así: El montaje de la Unidad uno se llevó a cabo en la década del 60 y entró en operación comercial en el año 1963, con una capacidad inicial de generación de 33 Mw. El montaje de la unidad dos se realizó en la década del 70 y entró en operación

² <http://www.gensa.com.co>

comercial en 1976 con una capacidad inicial de generación de 66 Mw, en el año 1993 se repotenció aumentando su generación a 74 Mw. La unidad tres fue montada en la década del 80 y entró en operación comercial en el año 1981 con una capacidad de generación de 74 MW. Actualmente y con base en las últimas pruebas para determinar la capacidad efectiva neta real (CENR), se ha encontrado que la Unidad Uno posee una CENR de 31 MW y las Unidades Dos y Tres de 70 MW.

En la central termoeléctrica se obtiene la producción de energía eléctrica partiendo de la energía térmica del combustible. Ésta transformación de energía se efectúa en cuatro etapas básicas:

Figura 4. Proceso de generación de energía



Fuente: Plan de Calidad Generación de energía PC-002_v12

El grupo termoeléctrico está compuesto básicamente por un generador de vapor o CALDERA, que aprovecha la energía química del combustible y la convierte en calor, vaporizando una determinada cantidad de agua, una TURBINA, encargada de transformar el contenido del vapor en energía mecánica de rotación y un ALTERNADOR que es el encargado de transformar la energía mecánica que le transmite la turbina en energía eléctrica y la SUBESTACIÓN encargada de transformar la corriente y el voltaje originado en los bornes del generador a diferentes niveles de tensión e Intensidad con sus respectivos transformadores, disyuntores, seccionadores, etc. Entregando la Energía al Sistema Interconectado Nacional SIN o al sistema de distribución de la Empresa de Energía de Boyacá EBSA.

El carbón que llega de las minas existentes en la región del altiplano Cundiboyacense a la Central es almacenado en las pilas de acopio. De allí es llevado a tolvas de almacenamiento a través del sistema de bandas transportadoras haciéndolo pasar por una etapa de trituración (homogenización), luego pasa a los alimentadores que son los encargados de regular la cantidad de carbón que debe pasar a los pulverizadores allí se mezcla con aire caliente a una temperatura entre 65°C a 75°C . La mezcla de carbón pulverizado y aire es impulsada a través de ductos hasta los quemadores y la cámara de combustión de la caldera. Los generadores de vapor o calderas de alta presión están compuestas básicamente por un hogar, conjunto de quemadores, un tambor o domos, un sobrecalentador de baja temperatura (SBT), un sobrecalentador de alta temperatura (SHT), atemperador, economizador, un calentador de aire, ventiladores de tiro forzado, ventiladores de tiro inducido, entre otros, que permiten que el agua que circula por el interior de los tubos de la caldera se caliente hasta el punto de convertirse en vapor saturado y sobrecalentado que será utilizado para impulsar el movimiento de rotación a una turbina donde sufre una expansión, es decir pasa de una presión P1 a una P2 adquiriendo por lo tanto una velocidad.

El generador eléctrico o alternador es el encargado de convertir la energía mecánica transmitida por la turbina en energía eléctrica. Es una máquina sincrónica que gira a 3.600 RPM, en una tensión (voltaje) de 13.800 voltios, 60 Hz.

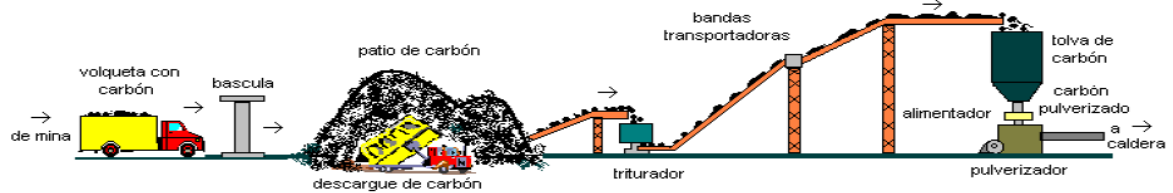
La actividad de generación de energía eléctrica en el contexto del mercado mayorista está abierta a la libre competencia y se remunera a través de la venta de energía en contrato de largo plazo o en el mercado spot (Bolsa de energía), De manera adicional un generador puede participar en la venta de otros servicios tales como: regulación secundaria de frecuencia o AGC y venta de reconciliaciones. Es de aclarar que de igual manera un generador puede requerir estos mismos servicios para su cobertura, razón por la cual los podrá comprar en el mercado. Otra fuente importante de ingresos para el generador lo constituye la remuneración que se le asigna por la firmeza que le dé al sistema en condiciones

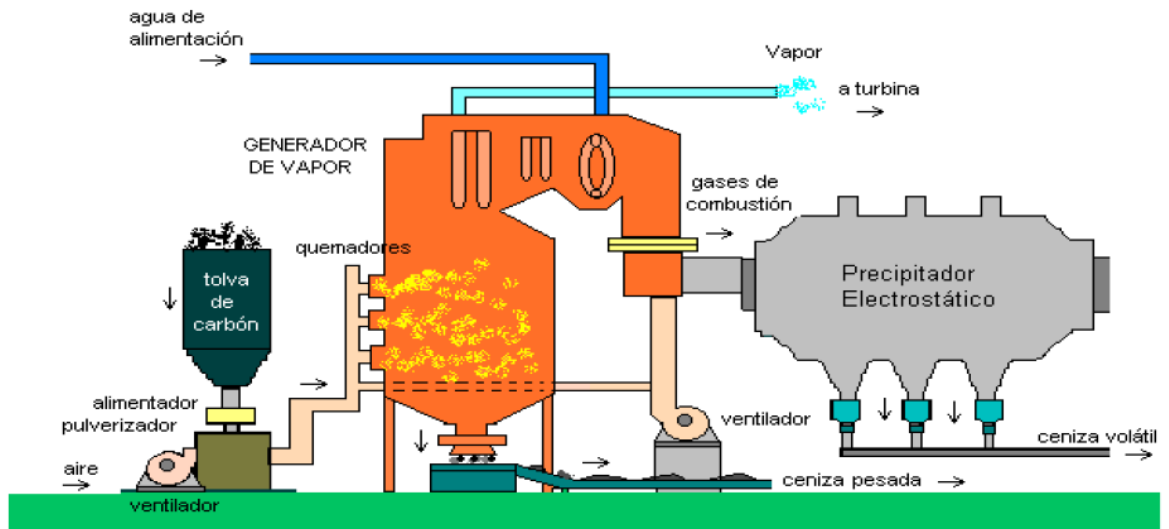
de hidrología extrema, conocido en el mercado como remuneración por cargo por confiabilidad. Para participar en el mercado mayorista de energía, GENSA debe realizar diariamente su declaración de disponibilidad y oferta de precios, la cual basa en sus costos variables de generación, regulados por la CREG, los cuales le permitirán en un momento determinado salir despachado por mérito económico o por seguridad del SIN y en caso contrario, acudir a la bolsa o mercado spot a comprar la energía requerida para respaldar sus contratos. La comisión de regulación de energía y gas, para evitar que se formen oligopolios que puedan atentar contra la libre competencia, estableció límites a la propiedad que un solo agente o grupo económico pueda tener sobre los recursos de generación, fijando un tope del 25% sobre la capacidad instalada del país. En el caso de GENSA, la actividad de comercialización se desarrolla únicamente en el Mercado Mayorista; es decir solo contempla la venta de bloques de energía a empresas Generadoras, comercializadoras o a la bolsa de energía, de tal manera que no se atiende usuario final. GENSA Actualmente en calidad de propietario de las unidades I, II y III de la Central Termoeléctrica de Paipa -TERMOPAIPA- es la encargada de comercializar su producción así como la de PAIPA IV, de propiedad de la Compañía Eléctrica de Sochagota – CES – dentro del contexto del contrato de disponibilidad de potencia PPA, cedido a GENSA por la Empresa de Energía de Boyacá al momento de su saneamiento financiero. En total GENSA cuenta con una capacidad efectiva neta y registrada ante el Mercado de 321 MW térmicos a carbón. El mercado de energía colombiano se fundamenta en el concepto de costo marginal, donde los recursos de generación son despachados por estricto mérito económico sin consultar los compromisos comerciales que cada uno tenga. En este contexto los generadores realizan declaración de disponibilidad y oferta de precios para cada uno de los días del año y el administrador del mercado (XM) realiza el despacho coordinado para la atención de la demanda. Esta característica permite que exista eficiencia económica en las transacciones realizadas a nivel del mercado de energía mayorista y garantiza que se atienda la demanda en forma confiable y al mínimo costo. Se exceptúan aquellos recursos

que saliéndose del mérito económico son requeridos por el sistema, bien por restricciones del mismo o por inflexibilidades de las máquinas, casos en los cuales el esquema contempla reglas claras para liquidar estas transacciones. Para la oferta de precios y declaratoria de disponibilidad de las unidades de Termopaipa en el mercado de Energía Mayorista de corto plazo (Mercado SPOT), GENSA debe ofertar diariamente antes de las 08:00 vía Internet un precio único para las 24:00 horas día siguiente y declarar la disponibilidad hora a hora para cada una de las unidades.

Para el análisis se utiliza la información oficial del mercado de energía mayorista, publicada en la página web www.xm.com.co, entre otras variables, los datos de oferta de otros generadores, pronóstico de los precios de bolsa, estado de las unidades, los mantenimientos programados. Con base en esta información se toma la decisión de suplir la energía comprometida en contratos a largo plazo con generación propia o mediante compra de energía en bolsa.

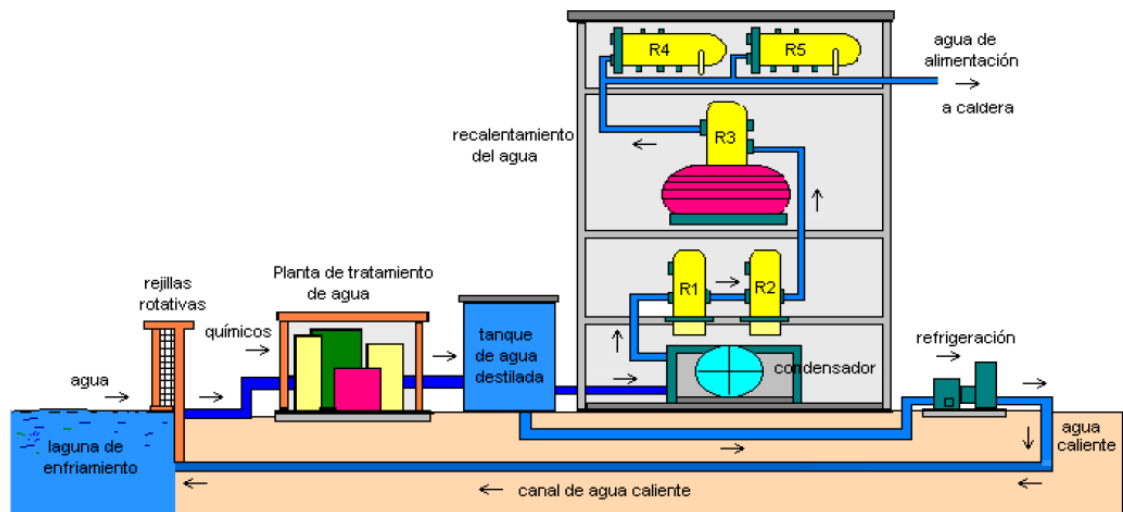
Figura 5. Ciclo combustión de carbón de la central Termopaipa





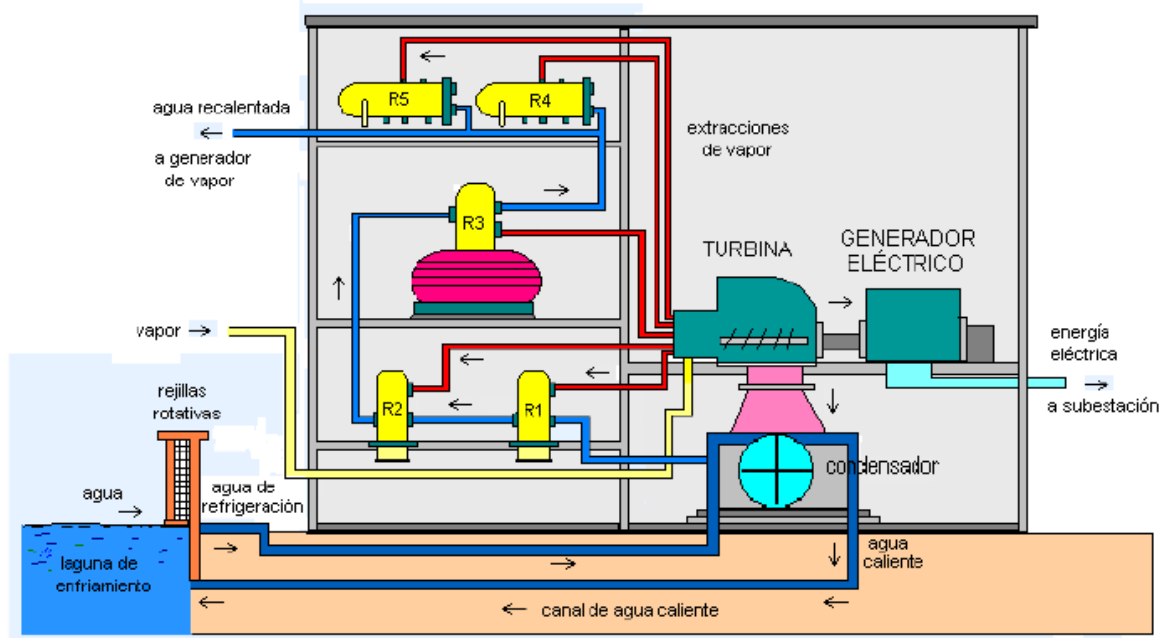
Fuente: Plan de Calidad Generación de energía PC-002_v12

Figura 6. Ciclo de agua de alimentación hacia caldera



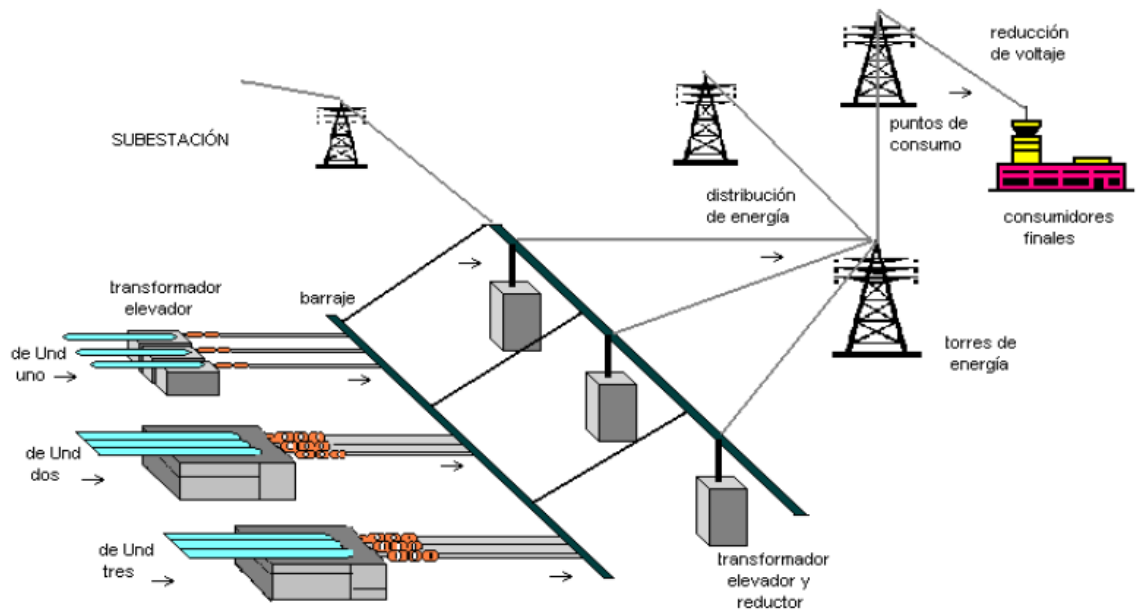
Fuente: Plan de Calidad Generación de energía PC-002_v12

Figura 7. Ciclo de generación de energía eléctrica



Fuente: Plan de Calidad Generación de energía PC-002_v12

Figura 8. Transmisión y Distribución de Electricidad



Fuente: Plan de Calidad Generación de energía PC-002_v12

1.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CENIZA VOLATIL

La ceniza volátil generada por la combustión de carbón en las calderas de las unidades I y III, es captada por precipitadores electrostáticos y enviada hacia el silo por un sistema neumático, con esto se evita enviar el material particulado a la atmosfera con graves repercusiones al medio ambiente y a la comunidad. Se describen los sistemas utilizados en cada unidad de generación.

1.4.1. Breve descripción de los sistemas en la unidad II

En la unidad II, el sistema está conformado por un precipitador de tipo electrostático formado por 2 cuerpos o cámaras, que captan la ceniza proveniente de los gases de combustión de la caldera dispuesta por diseño de flujo dividido. Esta unidad anteriormente utilizaba un colector de polvo, el cual fue sustituido por las dos cámaras debido a las regulaciones medioambientales en el año 1979 por un equipo marca MHI con diseño Lurgi. La ceniza recolectada por el precipitador, es descargada por medio de tolvas hacia un sistema de transporte de ceniza volátil presurizado, para su traslado hacia un silo de almacenamiento para su tratamiento y disposición final.

1.4.2 Breve descripción de los sistemas en la unidad III

En la unidad III, el sistema está conformado por un precipitador electrostático que capta la ceniza proveniente de los gases de combustión de la caldera. Este equipo fue modernizado completamente en el año 2011 por la firma Alstom y utiliza un sistema auxiliar para acondicionar el flujo de gases de escape, mediante la inyección de trióxido de azufre SO₃ con el fin de aumentar la eficiencia de recolección. La ceniza recolectada por el precipitador, es descargada por medio de tolvas hacia un sistema de transporte de ceniza volátil presurizado, para su traslado hacia un silo de almacenamiento para su tratamiento y disposición final.

La producción de ceniza en las dos unidades se encuentra alrededor de las 15.6 ton/hr con las dos unidades a su máxima carga de generación³. Actualmente y debido a las regulaciones de tipo ambiental ya no es almacenada en los patios como ocurría anteriormente, se vende como subproducto para la industria cementera a través de un operador a un costo aproximado de \$14.000/ton.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un modelo gerencial de mantenimiento para el sistema de transporte de ceniza volátil de las unidades II y III de la central Termoeléctrica de Paipa de la compañía Gestión Energética S.A E.S.P.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Consta de las siguientes fases:

Fase I: Recopilación de información primaria:

- Taxonomía de los componentes del sistema de estudio actualmente instalados
- Analizar el comportamiento del sistema
- Revisión de antecedentes: Históricos de mantenimiento y fallas presentadas
- Realizar procesamiento de la información recopilada

Fase II: Elaborar la propuesta del modelo gerencial

- Programa de mantenimiento preventivo
- Programa de mejoras o actualizaciones requeridas

Fase III: Elaborar la estrategia para la implementación del modelo gerencial

- Elaboración del documento final

³ Datos operacionales a una carga bruta unidad I: 33 MWh @ 20% de contenido de ceniza en los análisis de carbón – Unidad III: 74 MWh@20% de contenido de ceniza en los análisis de carbón.

2. MARCO TEORICO

El vapor para la generación de energía en las turbinas, es generado por la quema de combustibles fósiles, el gas de combustión generado transporta material particulado, principalmente ceniza proveniente de la caldera. A excepción del gas natural, los demás combustibles fósiles contienen material no combustible que conforman la mayoría del material particulado. Carbón inquemado también aparece como material particulado. El control de estos materiales generados es necesario para su recolección con el objeto de limitar su expulsión hacia la atmosfera.

Cuando el carbón es quemado en calderas convencionales una porción de ceniza cae hacia el fondo de la caldera (bottom ash - escoria), mientras que el remanente es expulsada de la caldera en los gases de combustión. Este remanente (fly ash – ceniza volátil) debe ser recogida después de la salida de gases de la caldera y antes de la chimenea hacia la atmosfera.

Emisiones de material particulado del proceso de combustión son recolectadas por equipo de control. Este equipo debe remover el material particulado de los gases de escape, evitar que este reingrese al flujo de gases y descargar el material recolectado. Hay varios tipos de equipos tales como: Precipitadores electrostáticos, filtros de mangas, colectores mecánicos y depuradores tipo Venturi. Cada uno de ellos usa un proceso de recolección diferente con diferentes factores que afectan la eficiencia de la colección.

2.1 PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS TIPO SECO

Un precipitador electrostático seco (Dry ESP) carga eléctricamente las partículas en el flujo de gases de combustión para recolectarlas y removerlas. La unidad se compone normalmente de una serie de placas paralelas verticales u horizontales

(electrodos de colección) formando ductos o carriles a través de los cuales pasa el flujo de gases de combustión. Electrodo de descarga están dispuestos entre los electrodos de colección debidamente centrados los cuales proveen la carga de la partícula y el campo eléctrico. En la figura se indica la disposición de estos equipos.

Para aumentar la eficiencia de colección se utilizan varias técnicas dentro de las cuales se utiliza el acondicionamiento de los gases de combustión mediante la adición de trióxido de azufre (SO_3) alterando la resistividad de la ceniza para aumentar la capacidad de colección.

La resistividad de la ceniza volátil es un parámetro de gran importancia dentro del diseño de los precipitadores electrostáticos y determinan su tamaño. Por razones de tipo económico, filtros de alto costo deben ser diseñados tan pequeños como sea posible, lo cual limita los tipos de carbón a ser usados.

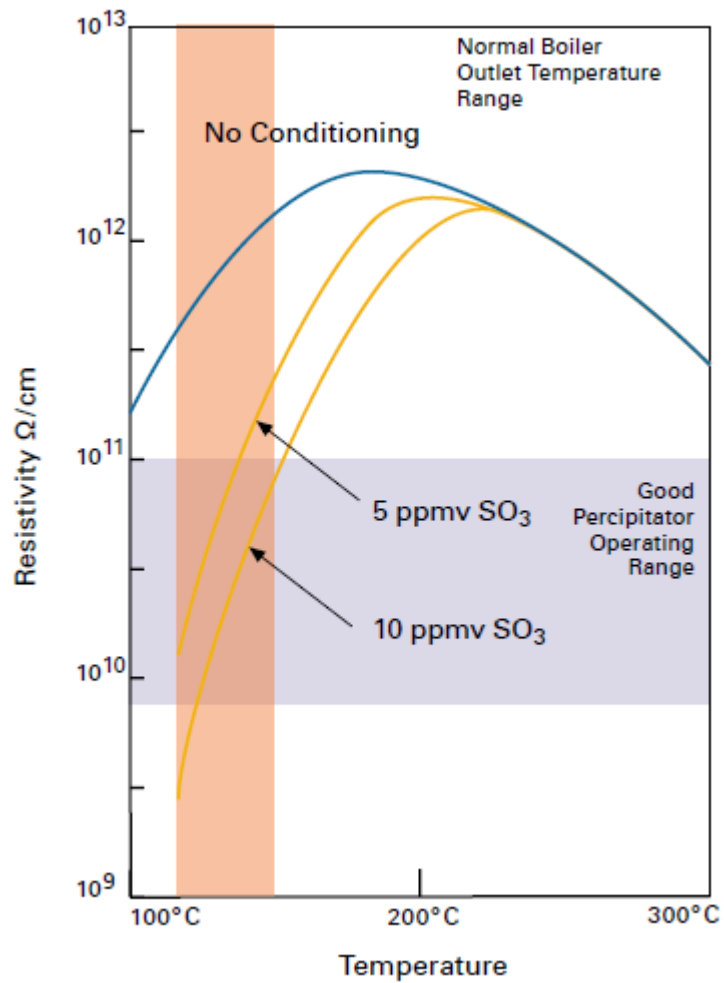
Los sistemas de reacondicionamiento de gases de combustión mantienen la resistividad de la ceniza volátil dentro de un rango operativo adecuado, permitiendo emisiones a un nivel constantemente bajo dentro de un amplio rango de tipos de carbón usados en la combustión.

Los sistemas de acondicionamiento de gases de combustión consisten en dispositivos electromecánicos que convierten azufre líquido en una mezcla SO_3 /aire.

Se usa aire calentado por encima de la temperatura de auto ignición del azufre por medio de resistencias calefactoras. En el quemador de azufre, este se enciende, se quema y es convertido en SO_3 por medio de un catalizador. La mezcla de SO_3 /aire es inyectada al flujo de gases de combustión por medio de inyectores con dosificaciones entre 10 a 15 partes por millón (ppm).

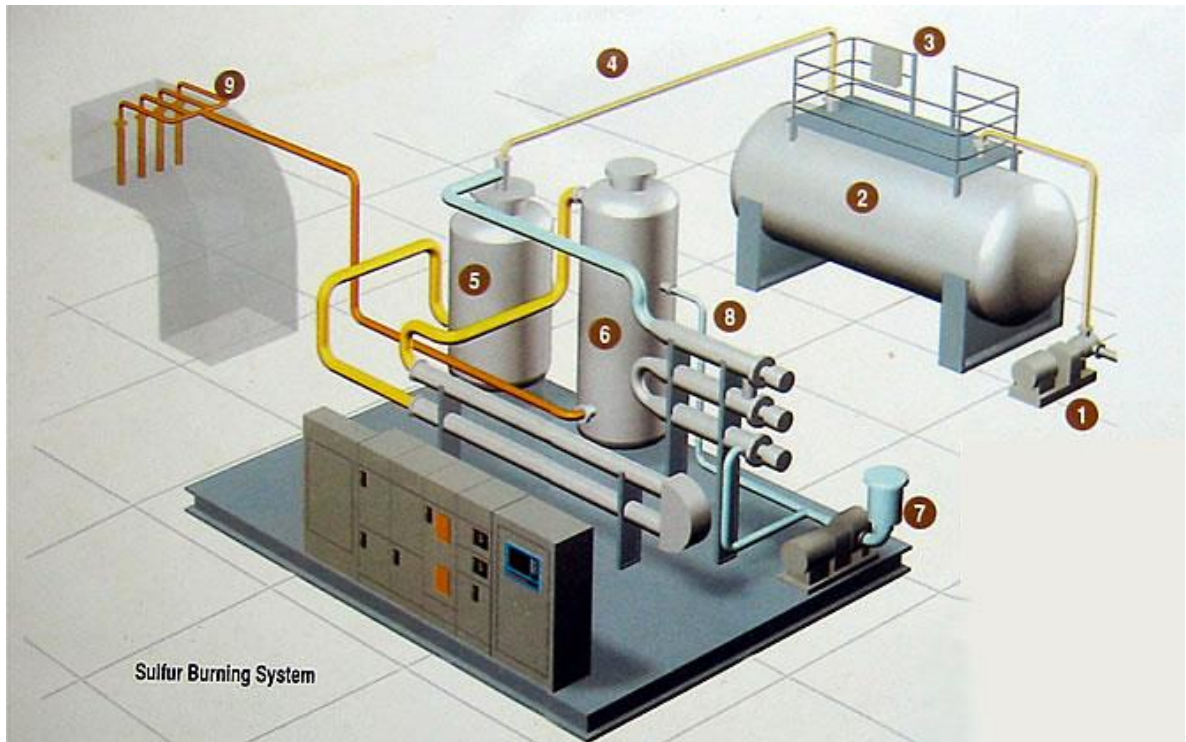
Si la concentración natural de SO_3 está ausente en la ceniza volátil, debe ser agregada dentro del acondicionamiento de los gases de escape para reducir los niveles de resistividad entre 10^{10} a 10^{11} Ohm/cm, tal como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Curva de resistividad típica de ceniza volátil.



Fuente: http://www.pentol.com/_pdf/FGC%20EN.pdf

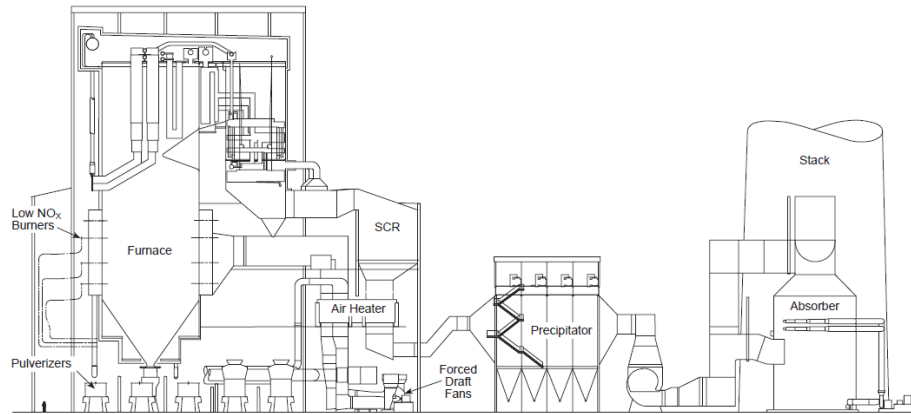
Figura 10. Instalación típica de un generador de trióxido de azufre



Fuente: <http://chemithon.co.in/sulfurics.php>

En la figura 10 se puede apreciar una instalación típica que consta de los siguientes componentes: 1. Bomba de descarga, 2. Tanque de almacenamiento de azufre líquido, 3. Bomba de suministro de azufre líquido, 4. Línea de azufre líquido a 135°C, 5. Quemador de azufre, 6. Convertidor catalítico multietapa salida SO₃ a 475°C, 7. Compresor de aire, 8. Calentador de aire, 9. Inyectores hacia ducto de gases.

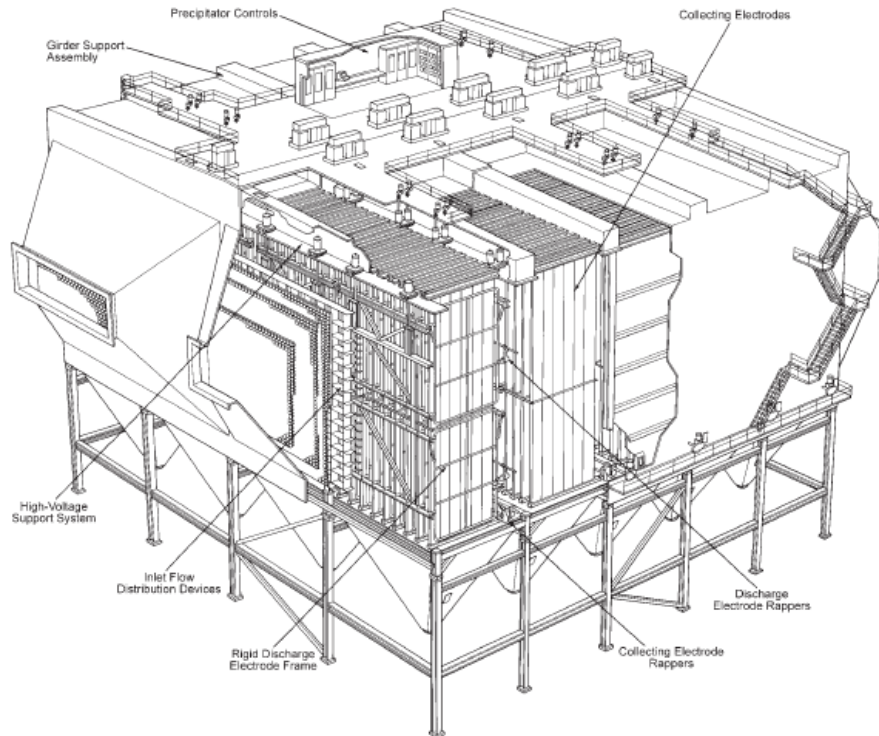
Figura 11. Equipo de control particulado – vista de planta.



Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

2.1.1 Cargue de las partículas: Los electrodos de colección están típicamente aterrizados eléctricamente y conectados a una polaridad positiva de una fuente de alto voltaje. Los electrodos de descarga están suspendidos en aisladores eléctricos en el flujo de gases de escape y están conectados a la salida (polaridad negativa) de la fuente de alto voltaje; comúnmente 55 a 85 kV DC. Se forma un campo eléctrico entre los electrodos de emisión y los de descarga y el electrodo de descarga exhibe un resplandor activo o corona. A medida que el gas de combustión pasa a través del campo eléctrico, las partículas adquieren una carga negativa que, dependiendo del tamaño de partícula, se lleva a cabo por la carga de campo o difusión.

Figura 12: Precipitador electrostático de marco rígido.

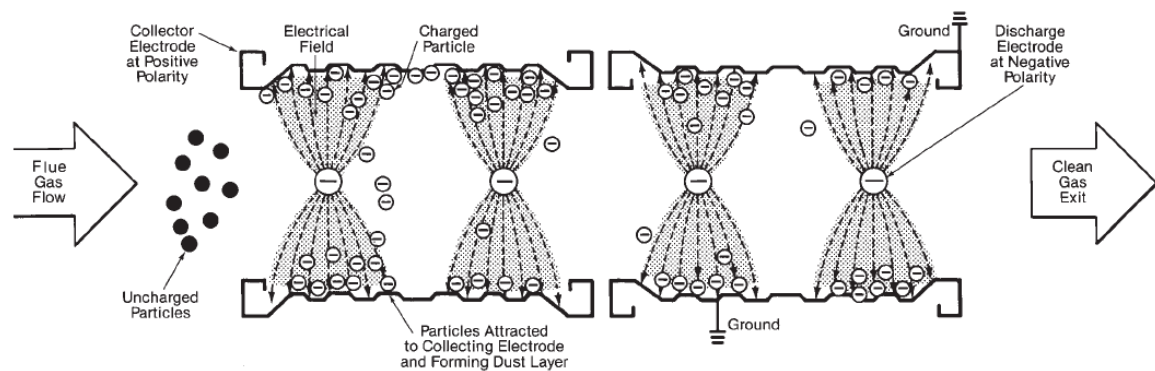


Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

2.1.2 Recolección: Las partículas cargadas negativamente son atraídas hacia los electrodos de colección y migran a través del flujo de gases. Algunas partículas son difíciles de cargar requiriendo de un campo eléctrico fuerte. Otras partículas son cargadas fácilmente y dirigidas a través de las placas, pero también pueden perder carga fácilmente, requiriendo ser recargadas y recolectadas. La velocidad del flujo de gases entre las placas es un factor importante en el proceso de recolección ya que velocidades bajas permiten mayor tiempo para que las partículas cargadas se dirijan hacia los electrodos de colección y reducir la probabilidad de pérdida de nuevo en la corriente de gas (reingreso). Adicionalmente una serie de sección es de electrodos de colección y descarga son necesarios para alcanzar requerimientos generales de recolección de partículas. En los precipitadores más modernos cuatro o más secciones en serie se requieren para lograr niveles de diseño de colección.

Las partículas de ceniza forman una capa a medida que se van acumulando en los electrodos de colección. Las partículas permanecen sobre la superficie de recogida debido a las fuerzas del campo eléctrico, así como las fuerzas de cohesión molecular y mecánica entre las partículas. Estas fuerzas tienden también a hacer el aglomerado de partículas individuales, o adhieran entre sí.

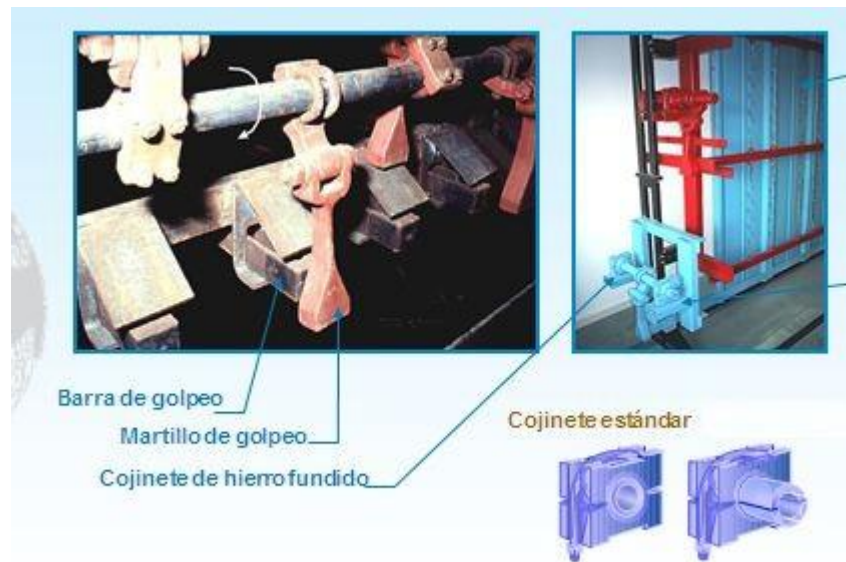
Figura 13. Cargue de las partículas y colección dentro de un ESP.



Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

2.1.3 Martilleo: La capa de ceniza debe retirarse periódicamente. El método de remoción más común es el martilleo, que consiste en golpear mecánicamente la superficie de captación, esta fuerza de martilleo desaloja la ceniza. Debido a que las partículas tienden a aglomerarse, la capa de ceniza se elimina en hojas. Este laminado es importante para evitar el reingreso de partículas individuales en la corriente de gas de combustión, requiriendo recarga y recolección aguas arriba. Mientras que la mayoría de las partículas son conducidas a los electrodos de colección, algunas partículas de carga positiva se adhieren a los electrodos de descarga. Por tanto un sistema separado de martilleo se utiliza para eliminar los depósitos de estos electrodos y mantener el funcionamiento correcto.

Figura 14. Mecanismos de martilleo (rapping) en un precipitador electrostático.



Fuente: Filtro electrostático tipo F. F.L.Smith Airtech. Global Air Pollution Control Systems.

2.1.4 Remoción de ceniza: La ceniza desprendida cae desde la superficie de colección hacia tolvas. Una vez esta llega a las tolvas es importante asegurar un diseño adecuado que mantenga en las tolvas con mínimo retorno hacia la corriente de gas hasta que las tolvas sean vaciadas.

2.1.5 Transporte: Los sistemas de manejo de ceniza de una planta de generación a vapor recogen la ceniza residuo de la combustión de combustibles sólidos de diferentes puntos a lo largo del flujo de gases de escape de la caldera, transportándolos hacia silos de almacenamiento y preparando la ceniza para su transporte o disposición. Debido a que las características de la ceniza son muy diferentes de la parte frontal a la parte posterior de la caldera, la recolección, transporte y sistemas de almacenamiento son usualmente separados por el hogar y los puntos de recolección aguas abajo.

En una caldera de combustión de carbón las categorías generales de ceniza son:

- Escoria: El material que se colecta en la tolva del fondo del hogar. Posiblemente escoria pesada.
- Material de rechazo de los molinos: Piezas pesadas de pirita de piedra, y hierro que son descargados del pulverizador de carbón.
- Ceniza del economizador: El curso y partículas relativamente densas que salen del flujo de gases con cambios bruscos de dirección.
- Ceniza volátil: Partículas finas de ceniza que son recolectadas en el equipo de colección.

2.2 SISTEMAS DE CENIZA VOLÁTIL

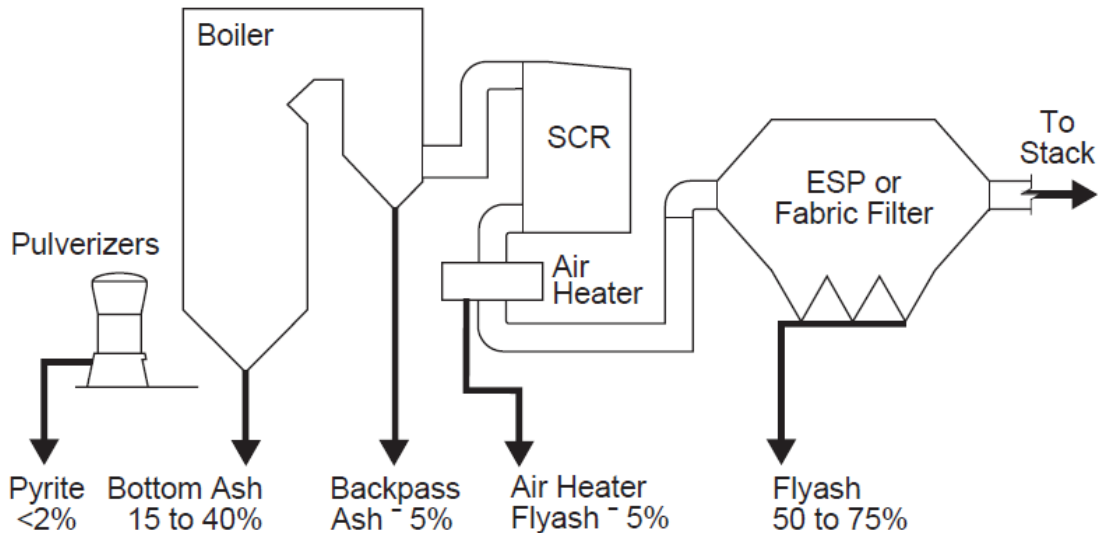
La mayoría de la ceniza de la caldera es transportada a través de la caldera y el calentador de aire por los gases de combustión. Tanto como el 50 al 70% de la ceniza generada por la combustión del carbón pulverizado es removida del flujo de gases por un dispositivo de limpieza de aire tal como un filtro de mangas o un precipitador electrostático. Estos dispositivos tienen filas de tolvas de colección las cuales son vaciadas regularmente por el sistema de transporte de ceniza.

La ceniza volátil consiste en finas partículas con baja densidad. Estas partículas son raramente transportadas en agua en suspensión debido a que no pueden ser fácilmente separadas del agua al fin del proceso de transporte. Por esta razón la ceniza volátil siempre es transportada neumáticamente. Sistemas de transporte neumático generalmente se dividen en tres tipos generales:

- Sistemas de vacío
- Sistemas presurizados o

- Combinación de sistemas presurizados/ vacío.

Figura 15. Arreglo típico de ubicaciones de descarga de cenizas y cantidades estimadas en calderas de carbón.



Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

2.2.1 Sistemas Presurizados: El punto de partida de un sistema a presión es un soplador de desplazamiento positivo el cual provee flujo de aire y presión para transportar la ceniza. El soplador alimenta a un sistema de tubería que se ramifica para recoger las cenizas de las tolvas debajo del precipitador electrostático o el filtro de mangas.

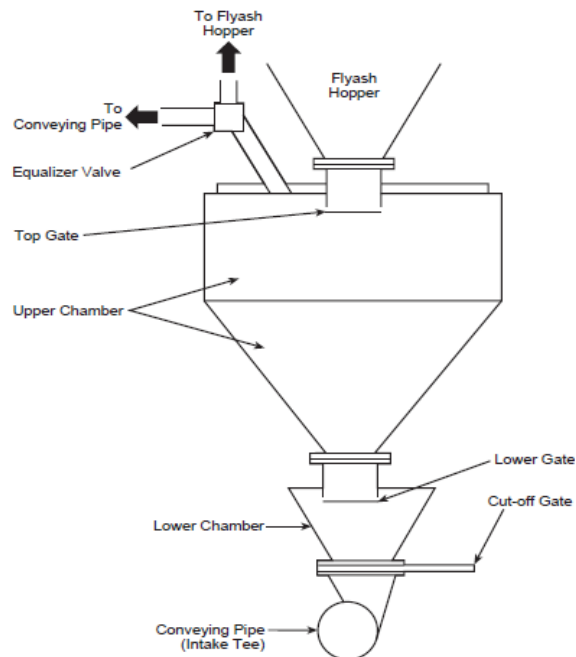
Una válvula tipo esclusa o alimentador vuelca la ceniza de cada tolva hacia la línea de transporte. Esta válvula consta de dos cámaras, superior e inferior, con tres compuertas: una para cerrar la abertura de la tolva, uno entre la cámara superior e inferior, y una compuerta de corte para vaciar la cámara baja de cada alimentador dentro de la línea de transporte a la vez.

Una válvula de igualación se requiere por cada alimentador. Tiene dos posiciones:

una para igualar la presión entre la tolva y la cámara superior del alimentador y la otra para igualar la presión entre la línea de transporte y la cámara superior. Es inevitable que alguna cantidad de ceniza abrasiva fluya a través de la válvula de igualación cada vez que cambia de posición, de modo que es diseñada para ser auto limpiada e incluye superficies resistentes al desgaste en los puntos más críticos.

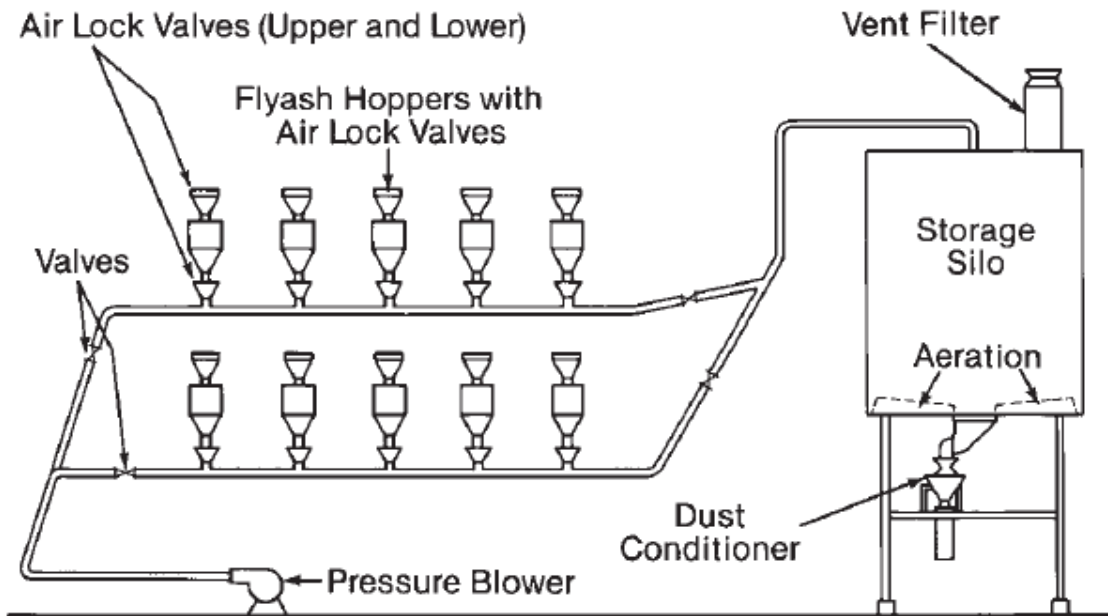
En algunos casos es necesario incluir un dispositivo de aireación para contrarrestar la tendencia de la ceniza para compactarse en la tolva y la cámara superior del alimentador.

Figura 16. Alimentador de transporte sin dispositivo de aireación.



Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

Figura 17. Sistema de transporte de ceniza volátil tipo presurizado.



Fuente: Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

2.3 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en

el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estas ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que, juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; el da lugar a seleccionar un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó «Ingeniería de Mantenimiento» y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías. A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, visando la optimización de la actuación de los equipos de ejecución de mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento PREDICTIVO O PREVISIVO, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento, de precisión, mantenimiento clase

mundial, (pro activo) y hoy mejora continua⁴.

Por otra parte, vale la pena resaltar que la evolución del mantenimiento se estructura en las cuatro siguientes generaciones:

Primera generación. Mantenimiento correctivo total. Se espera a que se produzca la avería para reparar.

Segunda generación. Se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías. Trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada.

Tercera generación. Se implanta el mantenimiento a condición. Es decir, se realizan monitorizaciones de parámetros en función de los cuales se efectuarán los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos.

Cuarta generación. Se implantan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y, de la organización y ejecución del mantenimiento. Se establecen los grupos de mejora y seguimiento de las acciones.

2.3.1 El Mantenimiento Preventivo

2.3.1.1 Definiciones Del Mantenimiento y Del Mantenimiento Preventivo (MP)

Mantenimiento es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes tendientes a poner o restablecer un bien a un estado específico que le permitan asegurar un servicio determinado.

Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección,

⁴ TPMONLINE. Historia y evolución del mantenimiento. [En línea]. Tunja. [citado Junio 10 de 2012] Disponible: www.tpmoline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmproces/main_tenaincehistoryspanish.htm

conservación, reparaciones y mejoras que permitan conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción.

Mantener bien o mantener con calidad es: utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyan las paradas y los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento.

Mantener bien es: ejercer un estricto control sobre los siguientes factores:

- Reparaciones de emergencia: minimizarlas.
- Tiempo muerto en producción imputable a mantenimiento: Minimizarlo
- Reparaciones y modificaciones de equipo: Optimizarlas
- Desperdicio de materiales de producción imputable a mantenimiento: Minimizarlos
- Materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: Optimizarlos
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento: Optimizarlos.
- La depreciación del equipo y edificios: Retardarla, incrementando su vida.

Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

El mantenimiento preventivo es el que realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles daños que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los

equipos.

El MP más que una técnica específica de mantenimiento es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento o mantenibilidad y las facilidades para instalación y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes. MP no es limpiar un equipo, es mantenerlo totalmente cubierto en lugares contaminados.

El MP consiste en la inspección periódica y armónicamente coordinada de los elementos, equipos y procesos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.

El MP considerara la empresa como una corporación, por lo tanto la tarea de los mantenimientos no es exclusiva del personal de mantenimiento sino que es responsabilidad de todo el personal de la empresa.

El MP aun cuando data de muchos años, está adquiriendo gran importancia en las empresas industriales, en las empresas de servicios y aun en la infraestructura, edificaciones y obras públicas, como se ha podido observar por los últimos acontecimientos en el país.

Dentro de los objetivos del mantenimiento preventivo, pueden enumerarse entre otros, los siguientes:

- Disminuir el tiempo ocioso por menos paros imprevistos, esto es mejorar la disponibilidad operativa de los equipos.
- Reducir las reparaciones en gran escala o los grandes mantenimientos.

- Distribuir óptimamente la fuerza laboral, para evitar la acumulación de trabajo contingente.
- Lograr disminución sustantiva de las reparaciones repetitivas.
- Adaptar correctamente los equipos al servicio requerido, mejorando la eficiencia.
- Realizar un buen control de la calidad de la producción y/o servicio. Logrando llevar a cero el número de rechazos.
- Con políticas cero pérdidas, disminuir los desperdicios.
- Aplazar o eliminar los reemplazos prematuros de equipo debido a su mejor conservación y aumento de la vida probable.
- Disminuir la necesidad de equipo en operación mediante el incremento de los rendimientos operacionales.
- Mejorar el control del trabajo utilizando adecuados sistemas de programación y control de las tareas de mantenimiento.
- Mediante la utilización de políticas cero inventarios, disminuir los niveles de inventarios de materiales, repuestos e insumos requeridos a los mínimos estrictamente necesarios para obtención de óptimos resultados.
- Establecer políticas de seguridad y salud ocupacional para las plantas, equipos y personal de mantenimiento. Establecer las mejores relaciones entre el personal de operaciones, mantenimiento y demás para lograr máxima armonía

en el trabajo.

- Disminuir los costos de operación y mantenimiento.

El definir cuál será el alcance del programa de mantenimiento, éste puede realizarse priorizando equipos críticos, o tal vez, iniciando por una línea o departamento. En el mejor de los casos sería considerar la planta en su totalidad.

Por otra parte, se debe considerar el alcance del proyecto y definir el presupuesto, teniendo en cuenta que posiblemente requiera autorización de algún recurso que no se consideró. Durante la preparación e implementación del programa de mantenimiento preventivo no se puede presentar resultados de mejoramiento en la maquinaria y equipo. Esto lleva algún tiempo, por tanto, es importante tener en cuenta que se necesitará hacer algunos ajustes en el plan de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los equipos.

Muchos de los sistemas complejos de monitoreo proporcionan bastante información útil que debe ser considerada en el mantenimiento preventivo.

Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo.

Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

La manera de lograr las autorizaciones de inversión, es indicando las ventajas o beneficios del programa de mantenimiento preventivo.

Dentro de las ventajas más relevantes del mantenimiento preventivo, se encuentran las siguientes:

- Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).
- Obviamente, si se presentan muchas fallas en los equipos, el tiempo para atender el mantenimiento programado se reduce implicando así el uso del mantenimiento reactivo mucho más costoso por ser su principal característica de "apaga incendios".
- Incrementa la vida media útil de los equipos e instalaciones.
- Si se tiene buen cuidado con los equipos se puede ayudar a incrementar su vida media útil, sin embargo, es necesario involucrar a los trabajadores responsables con la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente con el programa.
- Mejora la utilización de los recursos.
- Cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente, el mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, lo cual tiene una relación directa con: la planeación y ejecución del programa de mantenimiento preventivo, las tareas que se pueden realizar y el proceso que se debe llevar a cabo para lograrlas.
- Reduce los niveles del inventario.

- Cada peso ahorrado en mantenimiento equivale a muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

Dentro de las desventajas del mantenimiento preventivo, se encuentran las siguientes:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.
- Mantenimiento no efectuado, si por alguna razón no se realiza el mantenimiento preventivo, se alteran los periodos de intervención y habrá paradas no programadas.

2.3.1.2 Tipos del mantenimiento: Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, algunos de ellos no solamente centran su atención en tareas de corregir las fallas sino que también tratan de actuar antes de la aparición

de las mismas. Los tipos de mantenimiento son los siguientes.

Mantenimiento correctivo. Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección⁵; este tipo de mantenimiento acarrea las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Mantenimiento preventivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho

⁵ Mantenimiento correctivo. [En línea]. Tunja. [citado Junio 05 de 2012] Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_correctivo

procedimiento o el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos⁶.

Este tipo de mantenimiento tiene las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por las directivas de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Facilita a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Mantenimiento predictivo: Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentra en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El

⁶ Mantenimiento preventivo. [En línea]. Tunja. [citado Junio 05 de 2012] Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_preventivo

sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos y en la contratación de personal calificado⁷.

Las técnicas utilizadas para la ejecución del mantenimiento predictivo son las siguientes:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.

Mantenimiento proactivo: Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar

⁷ Mantenimiento predictivo. [En línea]. Tunja. [citado Agosto 03 de 2010] Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_predictivo

conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuara de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores⁸.

⁸ Mantenimiento proactivo. [En línea]. Tunja. [citado Agosto 03 de 2010] Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_proactivo

3. METODOLOGIA

3.1 RECOLECCION DE LA INFORMACION

Las fuentes de información usadas para la realización del presente proyecto son:

- Manuales de los fabricantes
- Historial de las órdenes de trabajo de los equipos
- Entrevistas con el personal de operaciones y las áreas de mantenimiento.

3.1.1 Taxonomía de los componentes del sistema

Se realiza la revisión de los planos de flujo de los sistemas para determinar la jerarquización de los equipos. El sistema computarizado para la administración de mantenimiento (CMMS) existente actualmente es el software Infom@nte. Los equipos en la central han sido estructurados de la siguiente forma:

Área Operativa: Unidad de Generación

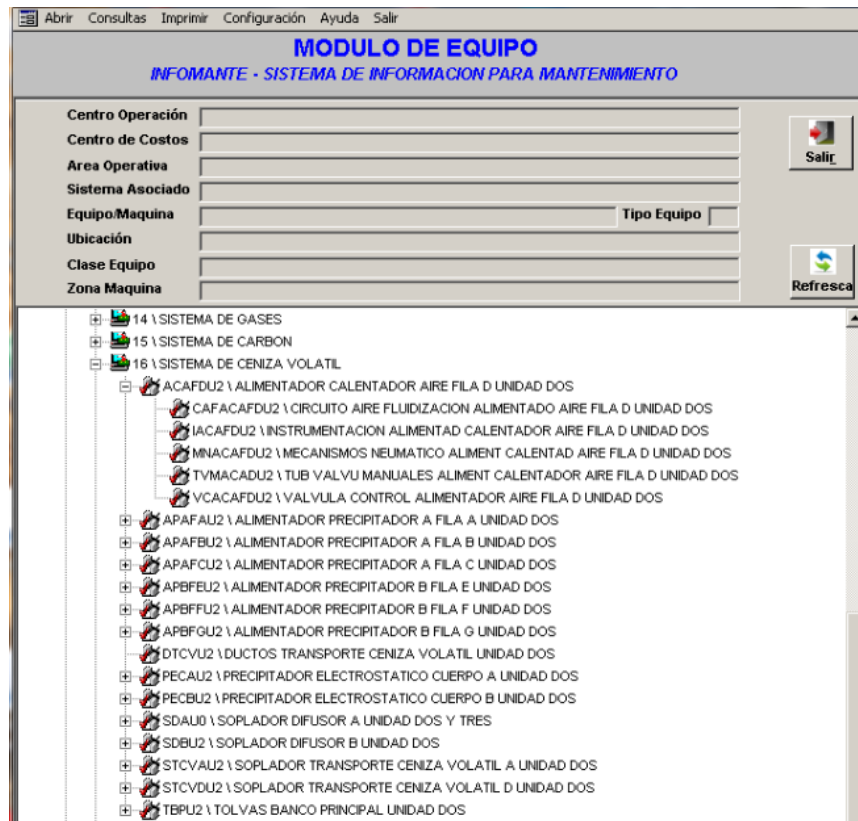
Sistema: Sistema al que pertenece el equipo.

Equipo padre: Equipo Principal

Equipo hijo: Subconjunto del equipo principal.

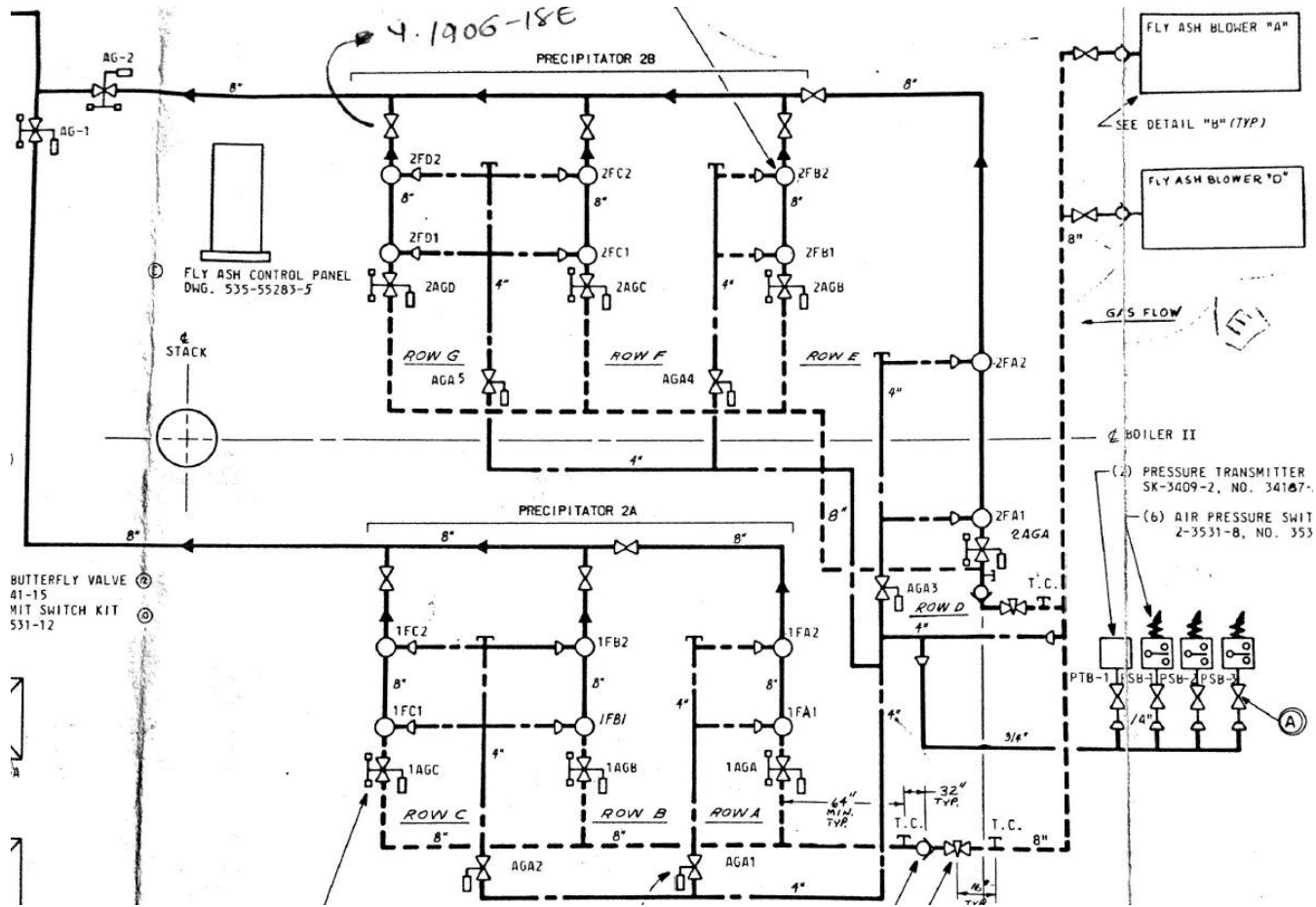
La estructura existente debe actualizarse, debido a que se encontraron deficiencias en la jerarquización de los equipos de acuerdo a su esquema funcional. A manera de ejemplo se indica el caso del equipo Alimentador calentador aire fila D unidad dos con tag ACAFDU2 de la Figura 18. De acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 19, la fila D consta de dos alimentadores de ceniza 2FA1 y 2FA2, luego no puede establecerse un historial de mantenimiento para cada alimentador por separado con la estructura existente. La estructura de los equipos propuestos se indica en las tablas 1 y 2.

Figura 18. Diagrama de árbol de los equipos existentes en el CMMS infom@nte.



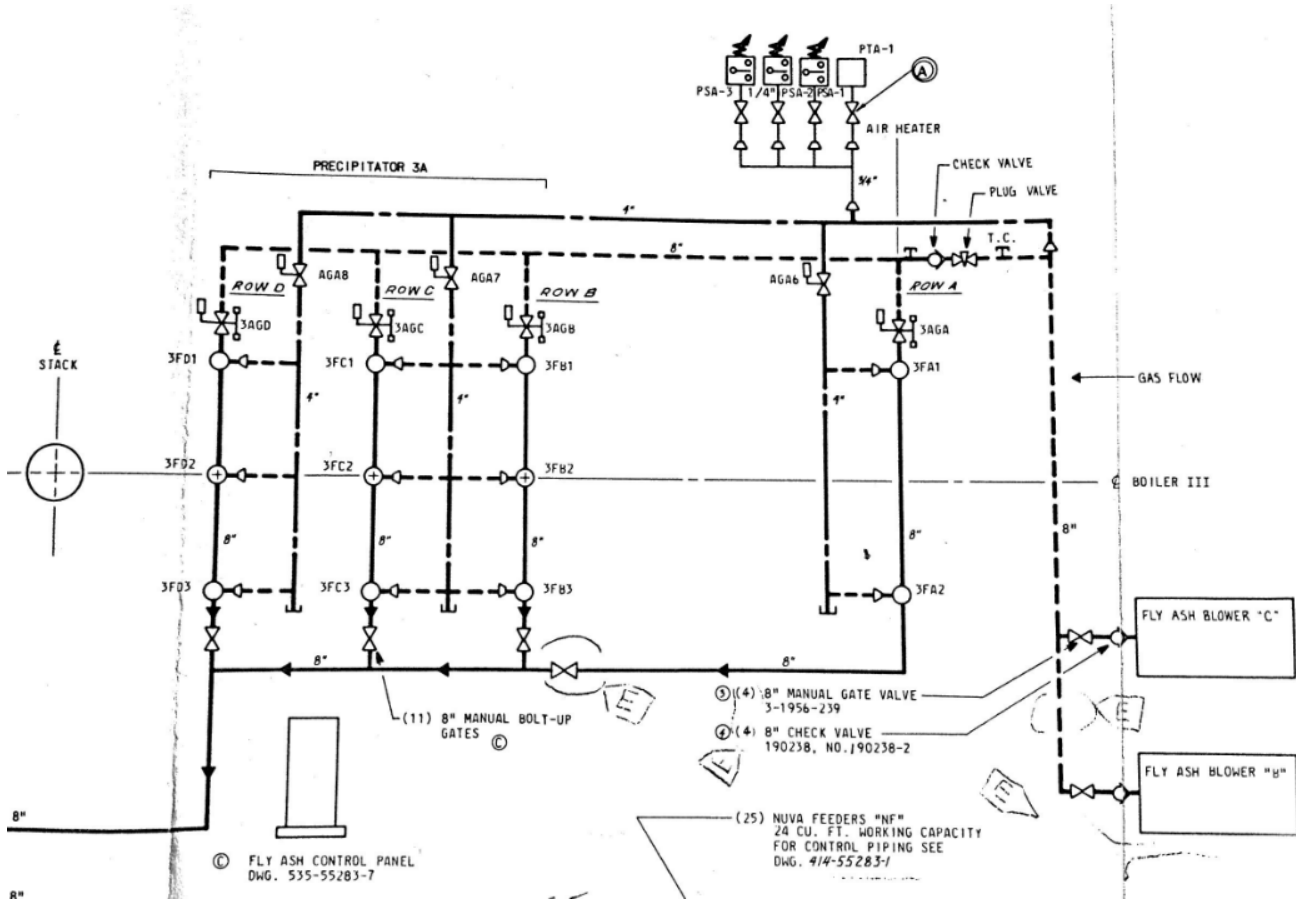
Fuente: Unidad de Servicios Técnicos.

Figura 19. Diagrama de flujo sistema de ceniza volátil unidad 2



Fuente: UNITED CONVEYOR CORPORATION, Instructions for Erection, Operation & Maintenance. Deerfield, Illinois.

Figura 20. Diagrama de flujo sistema de ceniza volátil unidad 3



Fuente: UNITED CONVEYOR CORPORATION, Instructions for Erection, Operation & Maintenance. Deerfield, Illinois.

3.1.2 Revisión detallada de manuales de fabricante

Se realiza el levantamiento de los datos técnicos de los equipos de acuerdo a los manuales de los fabricantes y placas de características.

3.1.3 Descripción de los equipos y especificaciones técnicas

Se realiza una descripción de los equipos y algunas especificaciones técnicas

3.1.3.1 Precipitador electrostático unidad 2

Tipo: Mitsubishi – Lurgi, tipo horizontal al aire libre, construcción de acero, seco
2 cámaras

Numero de campos: 3 por cada cámara

Longitud campo: 3360 mm

Altura de campo: 9.25 m

Numero de secciones colectores: 3

Numero de conductos de gas: 28 fajas

Espacio de los conductos de gas: 300 mm

Flujo de gas en la entrada. Volumen de flujo (seco) por caldera: 2737000 Nm³/hr

Temperatura de gas de combustión en la entrada: 132 °C

Presión de gas de combustión en la entrada: -400 mmH₂O

Carga de Polvo (para gas seco) en la entrada: 15-43 g/Nm³

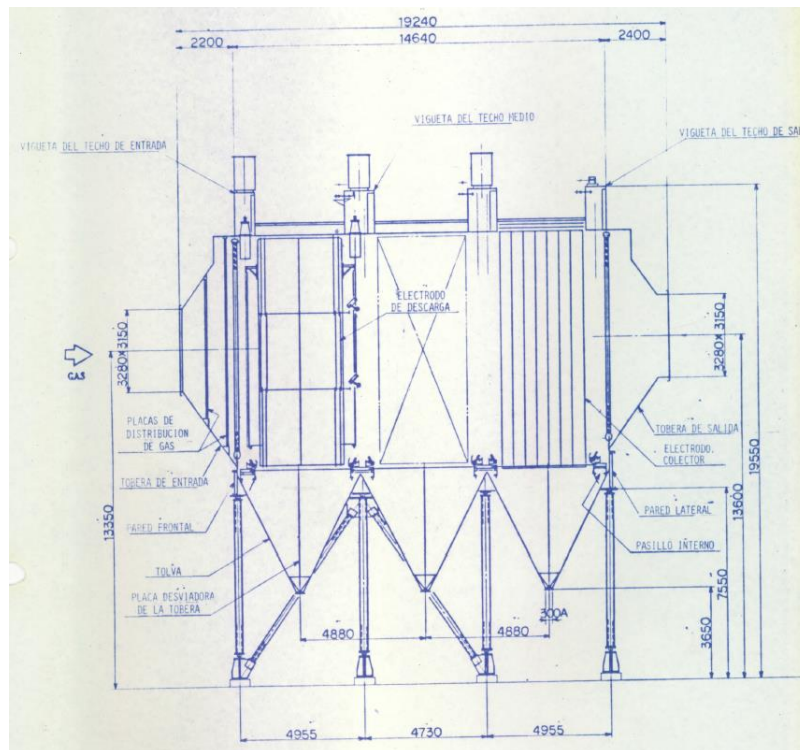
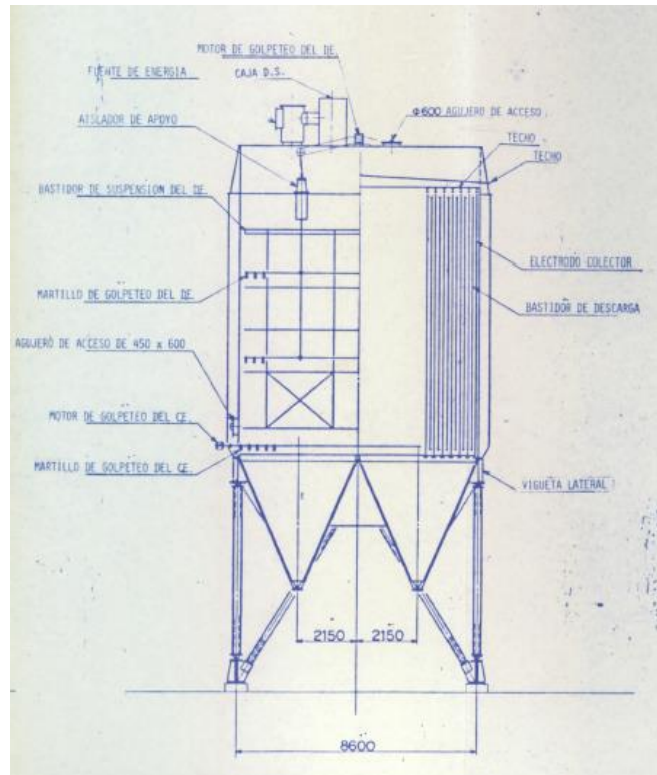
Eficiencia: 99.4%

Foto 2. Precipitador electrostático cámara A unidad 2



Fuente: El Autor

Figura 21. Arreglo general precipitador unidad 2



Fuente: Archivo unidad Servicios Técnicos

3.1.3.2 Precipitador electrostático unidad 3

El gas contaminado, oriundo del proceso de quema de carbón en las Calderas de fuerza, es aspirado por medio de ventiladores de tiro inducido existentes, llevando el gas de los ductos de entrada a los embudos de entrada de los Precipitadores Electrostáticos y enseguida atraviesa la estructura contenedor (carcasa) de los Precipitadores, donde ocurre la colecta de las cenizas y del polvo. El gas limpio sale de la estructura contenedor, a través de los embudos de salida, por medio de los ductos de salida, siendo aspirado por los mismos ventiladores existentes que empujan el gas limpio en dirección a las chimeneas existentes.

En la entrada de los Precipitadores, existen parrillas de distribución de gases. Las Parrillas son formadas por placas perforadas, con aletas guías, instaladas de manera de promover una velocidad constante del pasaje del gas, a través de toda la cámara interna del Precipitador.

Cada Precipitador Electrostático tiene dos sistemas de Electroodos, siendo uno constituido por los Electroodos de Emisión y el otro por los Electroodos de Colecta. Los sistemas de Electroodos de Emisión en cada cámara, forman un total tres campos en la Unidad 3 cada cual conectado a un transformador-rectificador de alta tensión, localizados en la parte superior externa de los Precipitadores (cobertizo).

Cuatro soportes aisladores soportan cada sistema de Emisión. Los aisladores son posicionados en sus propios compartimientos, los cuales son aislados y equipados con calefacción por resistencia. El propósito del calentamiento del compartimiento del aislador, es prevenir la condensación en los aisladores soportes y por consecuencia la formación de arcos eléctricos y la posible quiebra del aislador cerámico por choque térmico.

Dentro de la estructura contenedor del Precipitador, el polvo contenido en el gas, es colectado por ionización del gas, que carga las partículas sólidas a través de un campo eléctrico.

Los Electrodo de Emisión y de Colecta, son dispuestos de manera a conducir por diversas veces el pasaje del gas. Los Electrodo de Emisión están conectados eléctricamente al polo negativo del Rectificador de alta tensión y los Electrodo de Colecta, están conectados al conector común de puesta a tierra (polo positivo). Los Electrodo de Emisión, emiten iones negativos inmediatamente alrededor de ellos, lo que provoca la carga de las partículas negativamente.

Construcción Mecánica

El diseño de un Precipitador Electrostático se divide normalmente en las siguientes sub unidades:

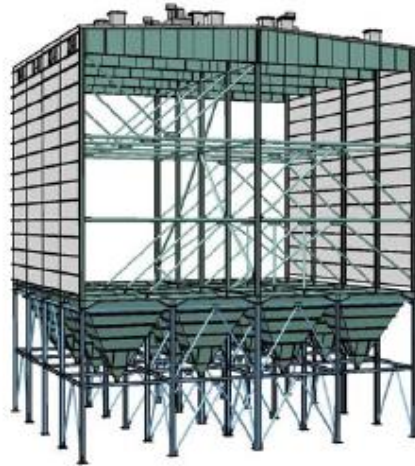
- Carcasa y tolvas;
- Sistema de electrodo de descarga;
- Sistema Limpiador (rapping) de electrodo de descarga;
- Sistema de electrodo colectores;
- Sistema Limpiador (rapping) de electrodo colectores;
- Sistema de distribución de los gases;

Carcasa

Para este proyecto en particular, no hay necesidad de construir una nueva carcasa aprovechando la existente, específicamente las partes laterales e inferiores. Se

efectúan modificaciones en la altura y en los embudos de entrada y salida para la adaptación de los nuevos internos.

Figura 22. Estructura precipitador electrostático unidad 3



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Foto 3. Precipitador electrostático unidad 3



Fuente: El autor

De modo general, el diseño de la carcasa de ALSTOM es una construcción completamente soldada hermética al gas que consiste de paneles prefabricados para las paredes, soportes y techo.

El concepto de carcasa tiene las columnas en la parte exterior de la pared de la carcasa, produciendo por ello una superficie interna plana, que simplifica el montaje. Todas las cargas desde la carcasa son soportadas por marcos, localizados en los pasajes entre los campos, lo que transfiere las cargas directamente abajo a la estructura de soporte y los pernos de anclaje.

La pre-fabricación puede ser llevada a cabo en el taller, resultando en una mayor calidad, tolerancias más cercanas y control de calidad más eficiente. La pre-fabricación también reduce el tiempo y costos de montaje de campo, y minimiza problemas de desalineamiento de los electrodos.

Estructura soporte

Será utilizada la misma estructura de soporte existente. Se adicionarán refuerzos en caso de ser necesario con base en el estudio de cargas que será realizada en la fase de ejecución del proyecto por Alstom ECS. Los materiales estarán dentro del alcance de Alstom Power Colombia S.A.

Alstom considera que los cimientos existentes serán capaces de absorber las cargas estáticas y dinámicas adicionales generadas por las modificaciones al precipitador, sin la necesidad de refuerzo en la parte de civil.

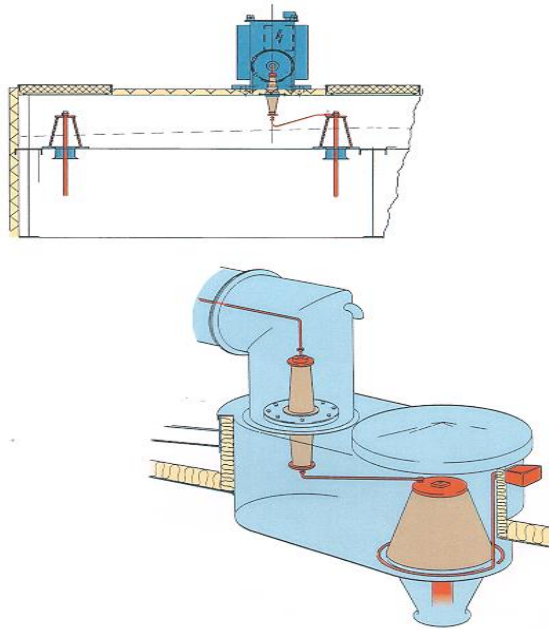
Aisladores Soportes

El sistema de emisión (descarga) es colgado por cuatro aisladores cerámicos que garantizan el aislamiento eléctrico entre la emisión y colección del precipitador. Los aisladores soportes, están ubicados en compartimientos cerrados (caja de aisladores) en la parte superior de la Carcasa.

Los aisladores soportes, están ubicados en compartimientos cerrados (caja de aisladores) en la parte superior de la estructura contenedor del Precipitador. Los compartimientos de los aisladores soportes, sean estos, del tipo túnel o compartimientos separados dependiendo del ancho de la estructura contenedor, son aislados y calentados por resistencias eléctricas, para mantener los aisladores sobre la temperatura del gas interno del Precipitador, evitando así, una posible condensación del gas sobre la superficie de los aisladores, lo cual podrá provocar una descarga por fuga de superficie (creepage) o una posible quiebra de estos por choque térmico.

El sistema básico de calentamiento, tiene un elemento calefactor para cada aislador, siendo cuatro por campo. Los compartimientos son provistos con tapas de aberturas para facilitar el acceso para la inspección y servicios.

Figura 23. Disposición de los aisladores soportes



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Parrillas de distribución de gas en la entrada. El sistema de distribución de gas, consiste en tres planchas de acero perforadas y suspendidas en el lado interno del embudo de entrada del Precipitador (del tipo vertical) y guiadas por una viga que impide que la parrilla se mueva en la dirección del flujo de gas.

Las parrillas tienen aletas guías que otorgan una velocidad constante del gas, a través de toda la sección transversal del Precipitador.

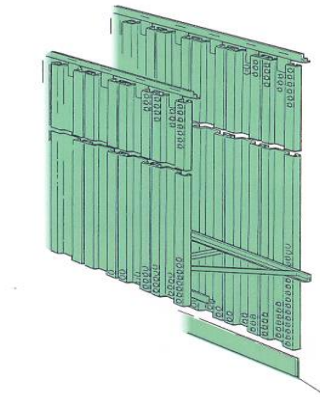
Parrillas de distribución de gas en la salida

En el lado interno del embudo de salida del Precipitador, existen planchas de acero dobladas en perfil U (no perforadas), formando la parrilla de distribución de salida. Esta garantiza que la distribución del gas interno del Precipitador recorra toda el área disponible de colección de polvo, evitando la formación de una contracción del flujo a la salida, en el lado de la salida y en dirección al ventilador

extractor.

Esta parrilla de distribución opera en conjunto con las parrillas de entrada para que la distribución de gases dentro del Precipitador, sea lo más uniforme posible.

Figura 24. Parrillas de distribución de gases

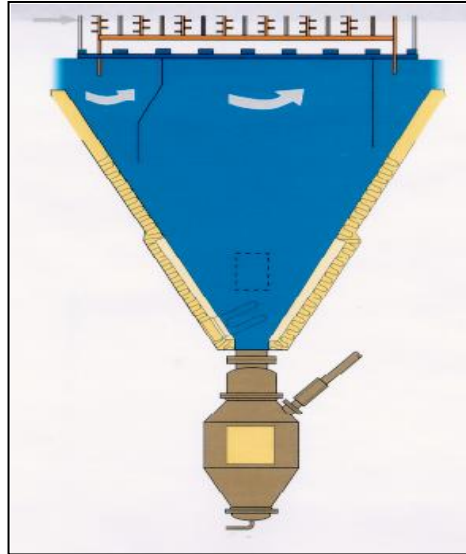


Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Placas deflectoras (orientadoras)

Las Placas deflectoras están compuestas de planchas de acero. El gas es impedido de formar corrientes fuera de los sistemas de Electrodo, por medio de las placas deflectoras. Estas placas están ubicadas en la base de las Tolvas, entre el plano inferior de la estructura contenedor del Precipitador, entre los campos y el sistema de Electrodo de Emisión, también entre los Electrodo de Colecta y las paredes laterales de la estructura contenedor del Precipitador y en la parte superior de las cámaras. Las placas deflectoras impiden la fuga de los gases en otra dirección, escapando de las cámaras del Precipitador.

Figura 25. Placas deflectoras



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Sistema de Emisión

Los Electrodo de Emisión, son Electrodo del tipo Espiral, ubicados simétricamente con relación a los Electrodo de Colecta (placas). Los Electrodo de Emisión son conectados a la estructura del sistema de Emisión y posicionados en tres niveles.

El bastidor está conectado a dos vigas superiores de soporte, por medio de cuatro aisladores soportes en la parte superior del Precipitador. Los bastidores de frente al sistema de Emisión, son conectados a la viga de choque.

Los Electrodo de Emisión están compuestos por conductores espirales enganchados al bastidor.

Este tipo de Electrodo otorga un mejor alineamiento con relación a las placas colectoras, soportando relativamente bien las variaciones de temperatura, golpeteo, etc.

Para limpieza del sistema de emisión es utilizado un sistema de martillos rotativos accionado por un moto reductor, ubicado en el techo del precipitador.

El motor reductor es controlado por el controlador del precipitador y es aislado eléctricamente de la alta tensión. Este movimiento de rotación del motor, es transmitido del eje del aislador al eje de los golpeadores que a su vez acciona el sistema golpeador.

Una resistencia eléctrica, es provista, para prevenir la condensación y por ende las descargas eléctricas por superficies en el aislamiento del eje, siendo una resistencia para cada eje. En los ejes de los golpeadores, existen martillos rotativos dispuestos en ángulos distintos. Los martillos rotativos, golpean los yunques individuales en intervalos regulares.

Figura 26. Electrodo tipo espiral



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Durante la precipitación electroestática, una fracción de polvo será colectada en los Electroodos de Emisión y en el Bastidor.

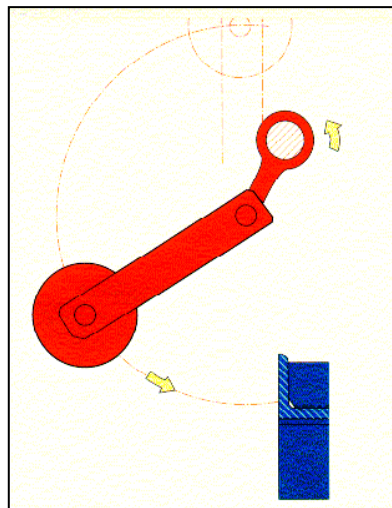
El efecto “corona” puede ser gradualmente suprimido, caso haya un aumento de la capa de polvo; Por lo tanto, es esencial golpear los electrodos y los bastidores, para prevenir la acumulación de polvo.

Los martillos rotativos, montados en los ejes horizontales, ejecutan el golpeteo. Los martillos golpean en los yunques especiales conectados al bastidor superior y ubicados entre los Bastidores de Emisión que efectivamente transmiten la onda de choque para todo el sistema de Electroodos de Emisión.

Los martillos rotativos son mecánicamente reforzados para operar con cualquier tipo de gas contaminado. Existe un sistema golpeador instalado para cada campo de conducción eléctrica.

La operación de cada sistema golpeador, es controlada de forma independiente por un relé microprocesador y es programado para optimizar la frecuencia del golpeo en relación con la colección, evitando la acumulación del polvo y la reentrada de este en el precipitador.

Figura 27. Accionamiento sistema de emisión



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Enviroment Control System.

Accionamiento del sistema de Emisión

La unidad de accionamiento del sistema golpeador para el Electrodo de Emisión, está localizada en la parte superior (techo) del Precipitador. El eje del aislador es mantenido en un compartimiento calefaccionado por resistencia eléctrica e aislado térmicamente y eléctricamente.

Sistema de Colección

Las Placas Colectoras, son colgadas de una estructura ubicada en la parte superior del Precipitador, ajustable y separada. Las placas colectoras son conectadas a la estructura por ganchos, asegurando una total transferencia de la onda de choque. Las barras de soporte y de choque están interconectadas y pueden ser ajustadas verticalmente, para un alineamiento más fácil de todo el sistema, en caso de que sea necesario.

El Electrodo de Colección (placa colectora) es un panel de perfil laminado especialmente desarrollado para emitir una distribución de corriente satisfactoria y la rigidez necesaria.

Los bordes de los perfiles, son plegados con hierros guías, para otorgar rigidez, alineamiento y eliminar posibles centellas en los cantos vivos. El Diseño está basado en un concepto que no requiere soldaduras.

Los electrodos colectores están conectados en el fondo con guías de hierro especiales y pasos laterales adecuadamente guiados para eliminar el balanceo o desalineación.

Las placas colectoras, también son conectadas en su base, por hierros guías especiales y pernos tipo TC-Bolt, estas son adecuadamente guiadas lateralmente, para eliminar el balanceo y desalineado.

El montaje del Electrodo crea una cortina completa, ya que todos los Electroodos son firmemente acoplados tanto en la parte superior como en el fondo.

Las principales características del diseño son:

- Alta Rigidez – La rigidez del perfil minimiza los daños y movimientos de las placas, reduce la manipulación y el trabajo de montaje.
- Limpieza eficiente – Las firmes conexiones de las barras en la parte superior e inferior maximizan la eficiencia de limpieza de una forma considerable.
- Mas confiabilidad – El diseño de ALSTOM muestra una mejora significativa en la resistencia de fatiga de la placa de los electrodos y la barra de choque. No se ha notado daño ni deterioro durante las pruebas de resistencia en más de un millón de impactos en el golpeteo.

Todos los electrodos colectores son instalados antes del montaje del sistema de electrodos de descarga.

Accionamiento del sistema golpeador de Colección

El polvo recolectado es removido de los Electroodos colectores (placas colectoras), por los golpeadores del tipo martillos rotativos. El choque es transmitido a los Electroodos de Colección, por medio de los yunques golpeados por los martillos. Los motores reductores controlados por programa accionan los golpeadores

Los martillos rotativos son dispuestos en distintos ángulos, para que el golpeo de distintas hileras de Electroodos, ocurra en secuencia y minimicen la reentrada de polvo.

Cuando un martillo golpea en el yunque de la hilera de Electroodos, la onda de choque es igualmente distribuida a los distintos Electroodos, la intensidad del choque es tal, que forma una onda de choque en los Electroodos, causando un efecto “avalancha”, minimizando la reentrada del polvo y limpiando el sistema

efectivamente.

Todas las partes internas del sistema golpeador son accesibles para la inspección y servicios, a través de las puertas de inspección, en una área de acceso por las plataformas.

Figura 28. Electrodo de colección

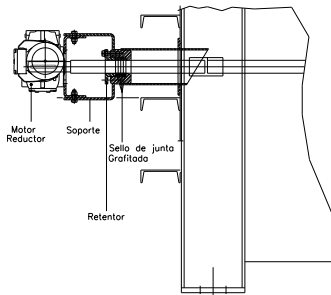


Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Sistema de Calentamiento de las Tolvas

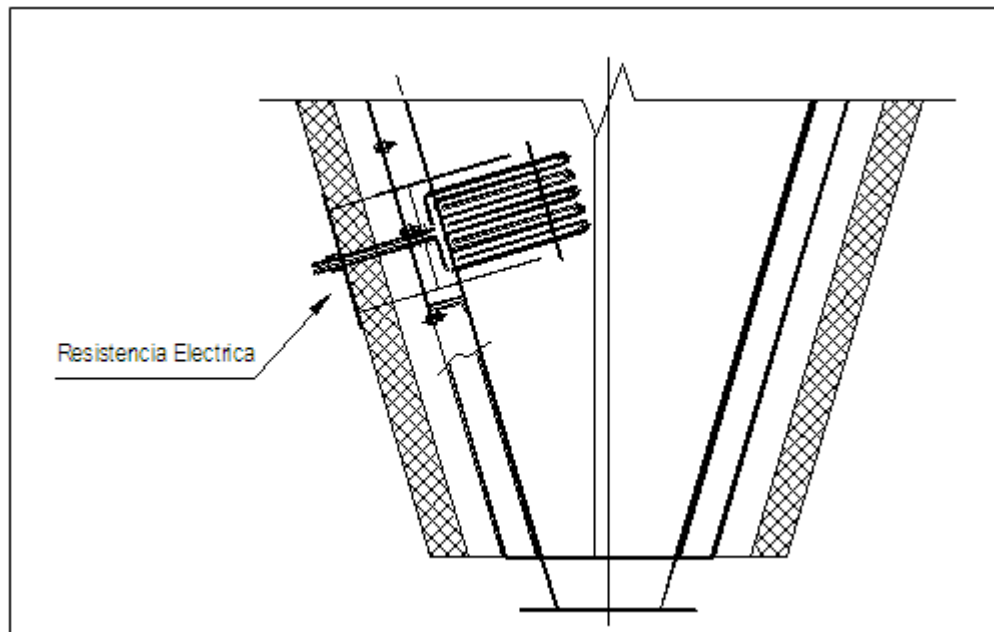
Sistema de Calefacción de las Tolvas, para evitar la condensación, problemas asociados a la corrosión y acumulación de cenizas en las tolvas, junto con el sensor de nivel instalados para el monitoreo del nivel de polvo.

Figura 29. Accionamiento del sistema golpeador de colección



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Figura 30. Resistencia calefactora tolvas descarga ceniza.



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Sistema de Air Flushing (Aire caliente para el compartimento de aisladores soportes)

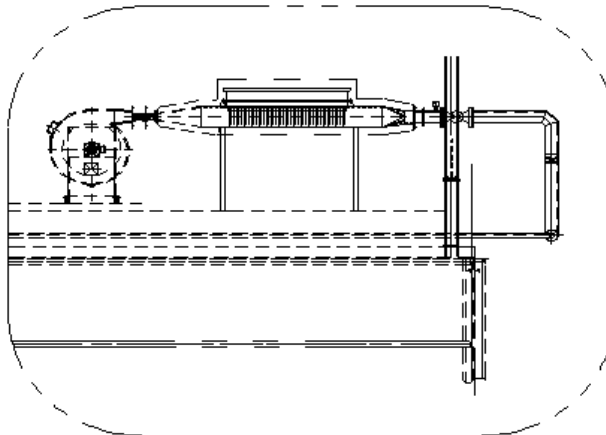
El Sistema de Inyección (Insuflador) de Aire caliente, es un sistema preventivo que

evita los desequilibrios de temperatura interna, en los compartimientos de Aisladores soportes, tales como: Aisladores soportes de los Bastidores de Emisión y Ejes Aisladores de los sistemas de golpeteo de los Bastidores de Emisión.

También cumple con un papel de extrema importancia, en el sentido de protección de contaminación por el polvo emanado desde el interior del Precipitador, a partir del momento en que es inyectado este aire caliente dentro del compartimiento de Aisladores, está ejerciendo una presión positiva, la cual evitará la entrada del polvo en el compartimiento citado; Acumulación de polvo dentro del compartimiento disminuirá el valor dieléctrico de los Aisladores soportes, comprometiendo el “creepage” (distancia de fuga por superficie) de estos.

Este sistema está compuesto por Filtros, Ventiladores y resistencias, para el calentamiento del aire a ser inyectado dentro de los Compartimientos referidos. Funciona automáticamente comandado por el sistema de Automatismo de la Planta.

Figura 31. Sistema air flushing (Aire Caliente)



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Foto 4. Disposición sistema Air flushing en precipitador unidad 3



Fuente: El autor

Sistema de Golpeteo “off-flow”

El sistema de golpeteo “off-flow” es una técnica innovadora para detener los picos de golpeteo en el último campo del precipitador mientras se realiza el golpeteo.

Cada pasaje de gas en el último campo de un ESP es provisto de un juego de dos placas de distribución de salida perforadas con orificios circulares – una de ellas fija y la otra movable, además de la placa de distribución común. Dependiendo de la posición relativa de las dos placas perforadas una con respecto a la otra, estas permitirán el flujo libre de los gases (cuando los orificios estén alineados) o restringir el flujo (cuando los orificios no estén alineados).

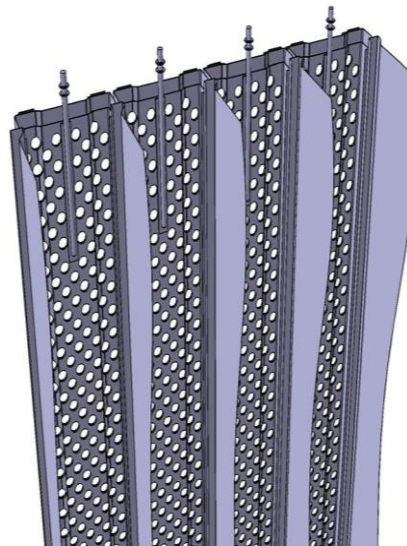
Cuando el último campo no esté siendo golpeado, los orificios de las dos pantallas se mantienen alineados para permitir el libre flujo de los gases a través de ambas pantallas con una caída de presión mínima. Durante el golpeteo del último campo, las pantallas movibles adyacentes a ambos lados de la cortina de electrodos de colecta son levantadas para desalinear los orificios restringiendo así el flujo de gas en ambos pasajes adyacentes para en ese momento golpear la cortina de electrodos de colecta. Esto crea una situación de “off-flow” en cualquier pasaje específico de gas.

El sistema de golpeteo “off-flow” reduce el flujo de gases en los pasajes adyacentes a la cortina de electrodos de colecta que están siendo golpeados para reducir la “reentrada” de partículas al flujo de gases de salida del polvo mientras se realiza el golpeteo.

Las últimas cortinas de electrodos de colecta, adyacentes a la carcasa del ESP son golpeadas mientras se cierra únicamente un pasaje de gas (de hecho estos electrodos de colecta tienen gases fluyendo únicamente en un lado)

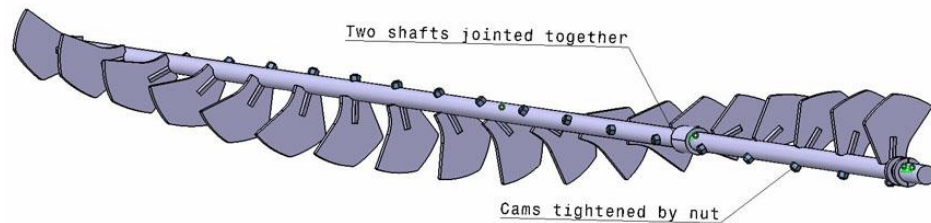
El movimiento relativo de las pantallas de “off-flow” es logrado por series de arreglos de levas montados en un dispositivo eje común. Cada leva eleva la pantalla movable respectiva (para restringir el flujo de gases) y se mantiene en esa posición por el tiempo requerido antes de que la pantalla caiga hasta su posición original (esto asegura un flujo normal) con un ligero golpe debido a la acción de la gravedad.

Figura 32. Disposición screen sistema “Off Flow”



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Figura 33. Arreglo de levas sistema “Off Flow”



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Se realiza una sincronización de la caída del martillo de golpeteo en el sistema de colecta con respecto a los pasajes de gas que se cierran. Así los motores que dirigen el eje de golpeteo de colecta y las pantallas de off-flow deberán estar sincronizadas. Los pasajes de gas se deberán mantener cerrados durante un intervalo de tiempo mínimo específico después del golpeteo de la cortina de electrodos de colecta en cuestión. El diseño de la leva asegura que el pasaje del gas se mantenga cerrado por unos segundos. El cerrado continuo del pasaje de gas es controlado por un PLC deteniendo los motores de las pantallas de “off-flow”, del golpeador del electrodo de colecta y echando a andar ambos accionamientos después del intervalo de tiempo específico para parar.

Rectificador integrado de alto voltaje - SIR

El SIR contiene todos los equipos necesarios para una sección de alta tensión del ESP, es un equipo compacto con transformador rectificador y su propio panel de control.

Combinando alta frecuencia, electrónicos de poder y control computacional, el SIR mejora la eficiencia de colecta para diferentes aplicaciones. Es parte del sistema EPIC. El operador tiene un control total sobre el “Field bus” vía ProMo, RTU o por una puerta al sistema DCS.

Los rectificadores convencionales, general picos de voltaje que pueden llegar hasta un 25% por arriba del voltaje promedio. Los picos de voltaje provocan las chispas en el campo del ESP, estas chispas enfrían La ionización y limitan el voltaje promedio aplicado a los electrodos, limitando también la eficiencia del ESP. El SIR provee una salida de DC casi libre de “tensiones” comparado con los T/Rs convencionales, que permite al ESP operar a un voltaje completo hasta el punto donde las chispas ocurran. El SIR además, aumenta la corriente útil del ESP, lo que provee una reducción de las emisiones sustanciales para procesos que generan polvo muy fino y poco resistivo.

Un SIR, será utilizado en el primer campo de cada precipitador para garantizar una energización eficiente de las partículas.

Foto 5. Unidad SIR instalada en el campo 1 del precipitador de la unidad 3.



Fuente: El Autor

3.1.3.3 Sistema de inyección de SO₃

El sistema de acondicionamiento de gases consiste en la inyección de pequeñas cantidades de trióxido de azufre al flujo de gases de combustión, reduciendo la resistividad de las cenizas y permitiendo su colección dentro del precipitador electrostático para lograr una mayor eficiencia.

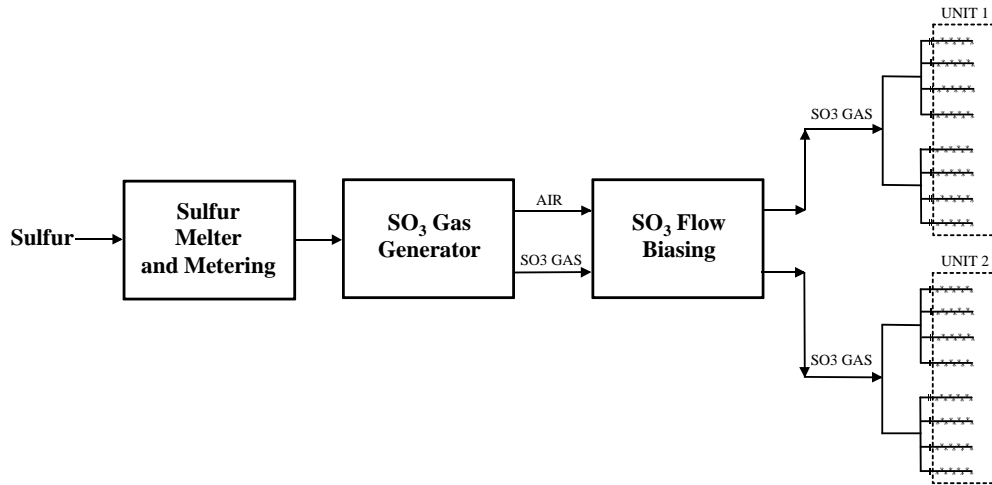
El SO₃ se combina con la humedad, esta combinación forma una película conductiva sobre las cenizas que baja su resistencia eléctrica. De esta forma, es posible lograr menores niveles de emisión con menos modificaciones mecánicas a los precipitadores existentes.

El proceso de preparación de gas de combustión con SO₃ quema azufre líquido que al reaccionar con el aire produce un flujo de gas SO₃ adecuado para la inyección en ductos de plantas de quema de carbón, antes de los Precipitadores electrostáticos. Se propone una configuración que incluye:

- (1) Un generador de gas SO₃ con capacidad de quema de azufre de 14,5 kg/h
- (1) sistema de separación y control de flujo “biasing”
- (1) fundidor de azufre y bomba dosificadora.

El sistema de separación y control de flujo “biasing” permite que un solo generador de gas SO₃ pueda ser utilizado para dos corrientes diferentes en forma separada. Menores costos de instalación y operación también podrán ser generados con un generador de gas simple. El sistema de separación y control de flujo “biasing” de SO₃ también provee un buen método para la purga de la sonda de inyección cuando la “preparación” no sea requerida.

Figura 34. Diagrama de bloques de la configuración básica



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Enviroment Control System.

Derretidor de azufre y sistema de dosificación

Se tiene un tanque para almacenaje y fundición de azufre granulado para la alimentación del sistema de acondicionamiento de gas. El método para carga de azufre es mediante el vaciado de sacos de 50 Kg de pellets de azufre sólido en la parte superior de tanque. Espirales internas de vapor convertirán el azufre sólido a líquido.

El sistema de almacenaje y suministro de azufre incluye un sistema de calentamiento, un suministro de vapor (boiler eléctrico pequeño), sistema de distribución y sistema de medición. Para mantener la temperatura de operación, el tanque y la tubería deberán estar bien aislados.

El azufre es suministrado a los quemadores por medio de una bomba de engranes sumergida localizada en el tanque de fundición de azufre. Esta bomba presenta precisión, confianza y un fácil mantenimiento comprobados. Los sellos mecánicos internos, que usualmente tienen tendencia a fallar, son eliminados sumergiendo

las bombas en el azufre líquido.

Foto 6. Tanque derretidor de azufre



Fuente: El autor

El acceso a la alimentación de azufre, montada en la parte superior del tanque de almacenaje, se proveerá mediante una escalera, plataforma y rejillas.

El tanque de almacenamiento de azufre es ventilado y no presurizado. El rango normal para las temperaturas de operación está entre 130 °C y 145°C (266 a 290 °F).

El tanque de azufre tiene una capacidad general de alrededor de 5400 Kg, pero solo la mitad estará disponible para uso, ya que las espirales de vapor deben mantenerse sumergidas. Esto significa una capacidad aproximada de 7 días normales de operación.

Foto 7. Generador de vapor del sistema de calentamiento tanque derretidor de azufre.



Fuente: El autor

Sistema de generación de SO₃ con aire seco

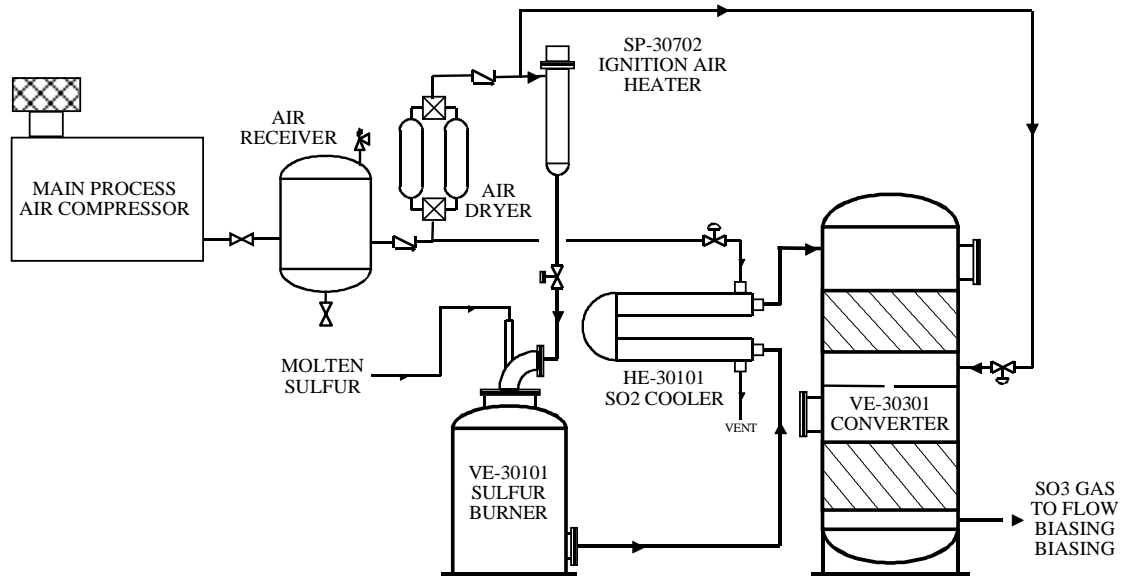
El proceso de generación de SO₃ consiste en quemar el azufre para formar dióxido de azufre (SO₂) y después convertirlo en trióxido de azufre (SO₃) en un convertidor catalítico. El azufre líquido es bombeado del tanque de azufre y dosificado al quemador de azufre donde es quemado en combinación con aire caliente, que genera la ignición del azufre. El gas SO₂ resultante de la quema es enfriado en un enfriador de doble tubo mientras fluye hacia un convertidor catalítico de dos fases donde es oxidado para convertirse en SO₃.

La mezcla resultante de SO₃ y aire es direccionada al sistema de separación y control de flujo “biasing” y al colector de inyección.

En la puesta en marcha, el aire de proceso es calentado en el calentador de aire de ignición para poder precalentar el quemador de azufre aproximadamente a

370°C, la temperatura a la que la combustión del azufre es iniciada. El calentador de aire de ignición también provee calor al sistema de generación de gas y a las sondas de inyección de SO₃ en tasas de quemado de azufre bajas.

Figura 35. Diagrama de flujo sistema generación SO₃ con aire seco



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Foto 8. Quemador de azufre y convertidor catalítico



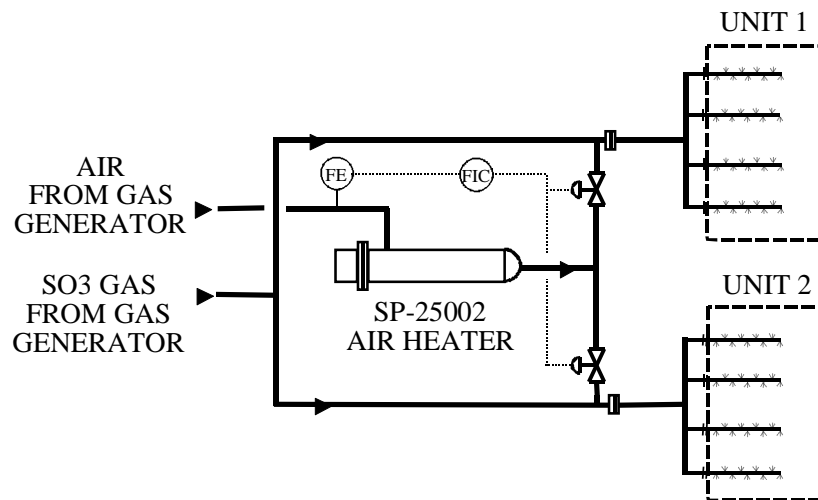
Fuente: El autor

La mezcla de aire y SO_2 es enfriada hasta que la conversión catalítica óptima del SO_2 al SO_3 se lleve a cabo en el convertidor de dos etapas. Después de ir a través de la primera etapa, la reacción del SO_2 al SO_3 se hace más lenta mientras que la temperatura del gas aumenta y el gas debe ser enfriado antes de que más conversiones se lleven a cabo. El gas es enfriado inyectando aire de proceso, enfriado entre la primera y la segunda etapa de conversión. Con dos etapas de conversión, se espera obtener una eficiencia total de 95% o mayor.

El SO_3 resultante fluye del convertidor a aproximadamente 480°C hacia los inyectores que serán instalados en el ducto de los gases de combustión, a la entrada del precipitador. Un cabezal del inyector relativamente grande combinado con una gran caída de presión a través de los orificios del inyector asegura una

distribución uniforme del SO₃ entre las boquillas del inyector. Las boquillas de alta velocidad proveen una buena penetración y mezclado en el cruce de los gases de combustión. El uso del sistema de aire seco, presión alta, velocidades de boquillas altas y temperaturas de inyección altas ayudan a prevenir en taponamiento de los inyectores.

Figura 36. Sistema “Biasing” Flujo dividido sistema SO₃



Fuente: TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Environment Control System.

Foto 9. Sistema “Biasing” Sistema SO3



Fuente: El Autor

Foto 10. Inyectores hacia ducto de gases de escape entrada precipitador unidad 3



Fuente: El Autor

3.1.3.4 Sistema de transporte ceniza volátil unidades 2 y 3

El sistema de ceniza volátil cumple la función de evacuación de la ceniza captada en los precipitadores hacia un depósito o silo. El sistema de evacuación se denomina Nuvafeeder⁹ en el cual, la ceniza recolectada en las tolvas de los campos en los precipitadores y calentador de aire de la caldera, es fluidizada a través de unas piedras mediante inyección de aire a baja presión proveniente de un soplador difusor, para evitar que la ceniza se compacte. Posteriormente desciende, a través de una válvula de cargue hacia una botella ubicada en la parte inferior. El aire desplazado es desalojado mediante una válvula de igualación, la cual como su nombre lo indica iguala la presión entre la botella y la tolva para facilitar la caída de ceniza desde la tolva hacia la botella. Una vez la botella se encuentra llena, una válvula de presurización permite el ingreso de aire para empujar la ceniza hacia la válvula de descargue la cual permitirá el paso hacia la línea de transporte en donde se dispone de un soplador en servicio y otro de reserva, los cuales suministran una corriente de aire lo suficiente, para transportar la ceniza a través de la tubería hacia el silo. Parte de este aire va por una tubería de menor diámetro para el aire de difusión para proporcionar un medio de fluidización a través de unas piedras ubicadas en las válvulas de cargue y descargue y facilitar la evacuación de la ceniza.

Cada campo en el precipitador contiene una fila de alimentadores interconectados por la línea de transporte. Una vez realizada la secuencia de evacuación, el sistema pasa hacia la siguiente fila en cada campo a través de unas válvulas tipo compuerta instaladas en cada fila y accionadas por cilindros neumáticos. La configuración de los alimentadores se muestra en las figuras 19 y 20. En la unidad 2, las filas están conformadas de la siguiente configuración:

Fila D: Tolvas calentador de aire

Fila A: Tolvas campo 1 precipitador cuerpo A

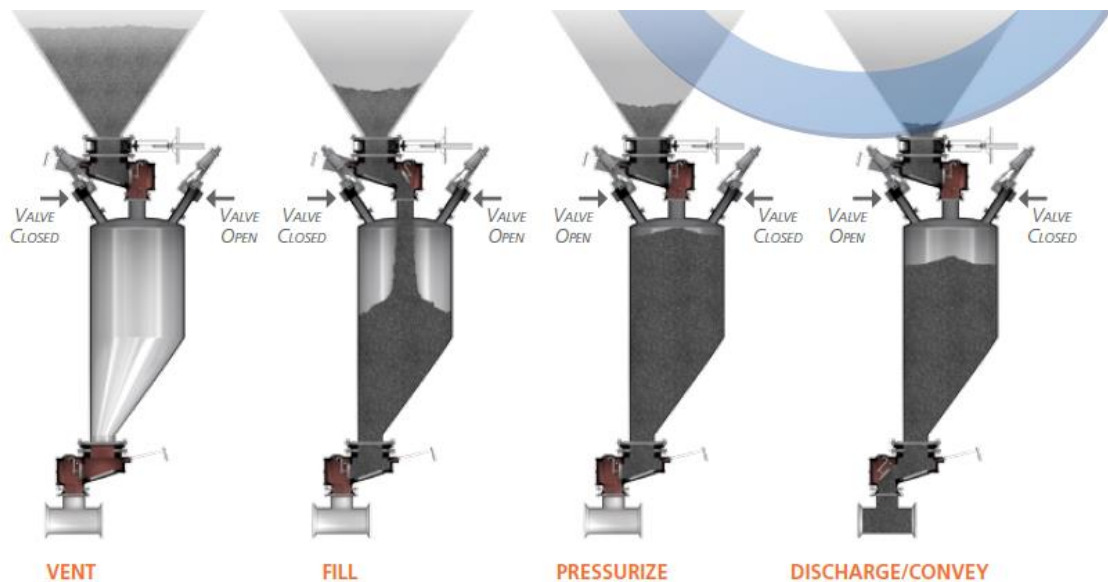
⁹ <http://unitedconveyor.com/nuvafeeder/>

Fila B: Tolvas campo 2 precipitador cuerpo A
Fila C: Tolvas campo 3 precipitador cuerpo A
Fila E: Tolvas campo 1 precipitador cuerpo B
Fila F: Tolvas campo 2 precipitador cuerpo B
Fila G: Tolvas campo 2 precipitador cuerpo B

En la unidad 3 se tiene la siguiente configuración:

Fila A: Tolvas calentador de aire
Fila B: Tolvas campo 1 precipitador
Fila C: Tolvas campo 2 precipitador
Fila D: Tolvas campo 3 precipitador

Figura 37. Secuencia de funcionamiento alimentadores de ceniza volátil



Fuente: Nuva Feeder® Positive Pressure Pneumatic System for dilute/Medium Phase Conveying. United Conveyor Corporation.

El sistema está controlado por un PLC para controlar la apertura y cierre de las válvulas de forma secuencial. También permite desviar las filas en caso requerido.

Foto 11. Sistema de ceniza volátil precipitador electrostático cuerpo A unidad 2



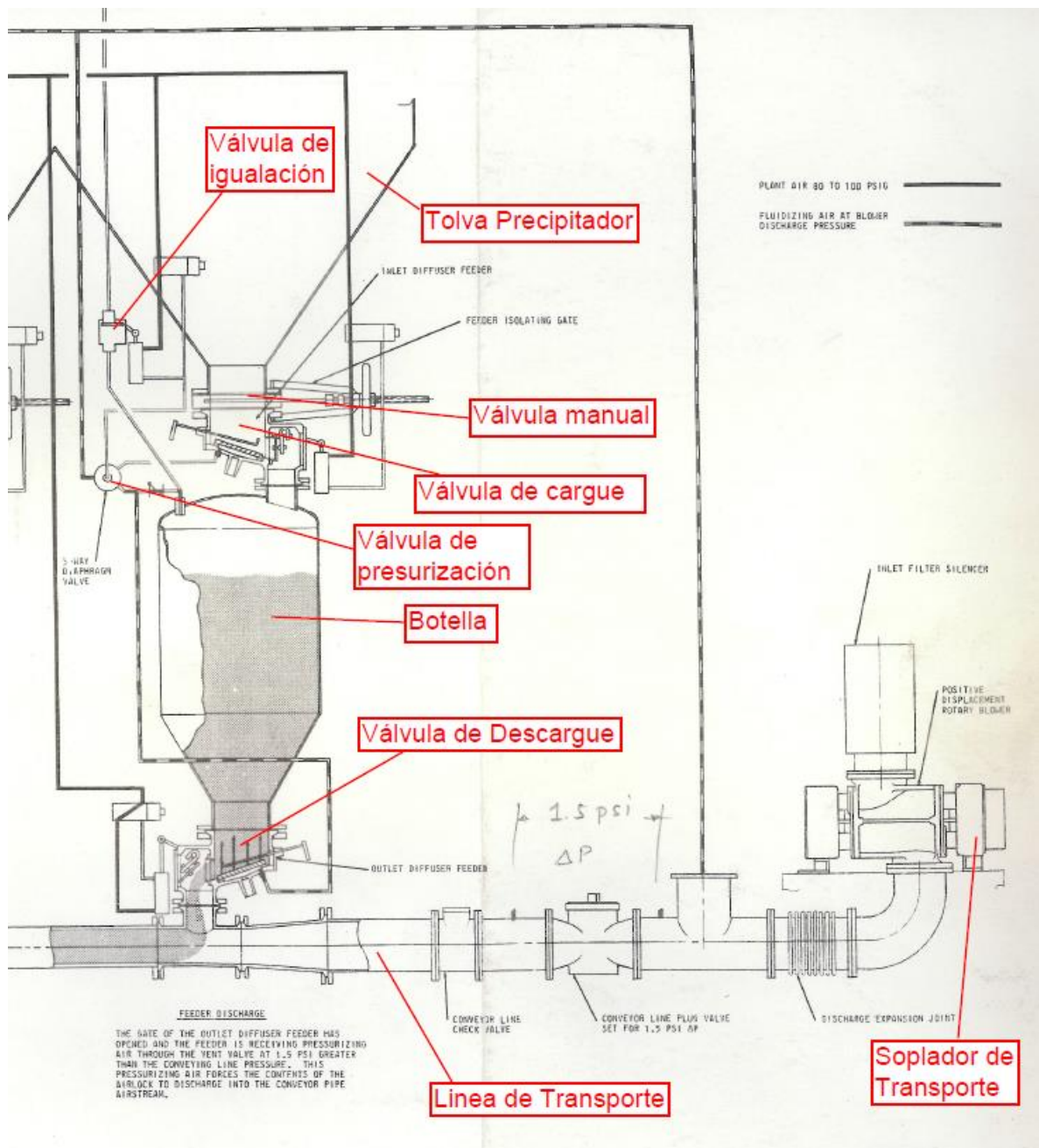
Fuente: El autor

Foto 12. Alimentador Nuvafeeder®



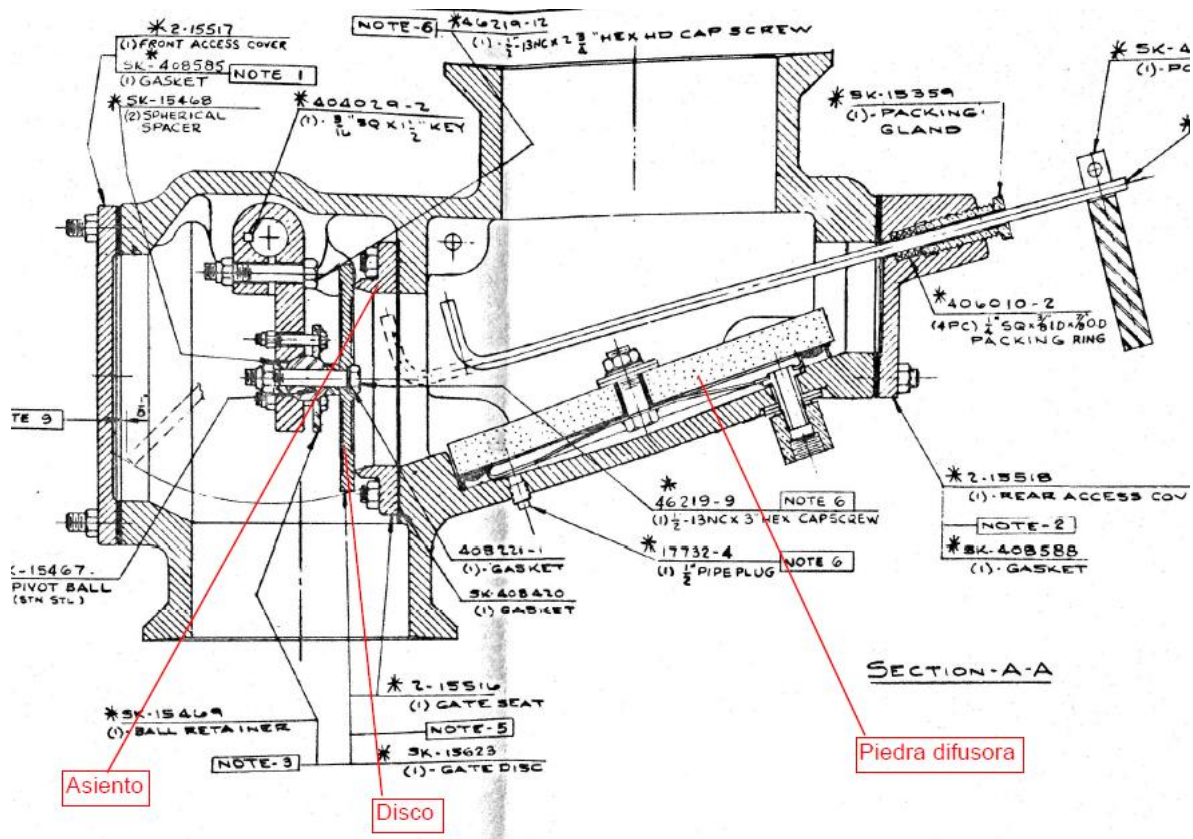
Fuente: El autor

Figura 38. Componentes sistema Nuvafeeder®



Fuente: UNITED CONVEYOR CORPORATION, Instructions for Erection, Operation & Maintenance. Deerfield, Illinois.

Figura 39. Detalle válvula de cargue y descargue



Fuente: UNITED CONVEYOR CORPORATION, Instructions for Erection, Operation & Maintenance. Deerfield, Illinois.

3.1.4 Historial de mantenimiento y fallas

Se realiza una revisión al historial de mantenimiento de los equipos. En el precipitador electrostático de la unidad 2, las órdenes de trabajo corresponden a trabajos realizados durante paradas programadas de planta. En el precipitador de la unidad 3, debido a que el equipo fue instalado nuevo en el año 2011 junto con la unidad de generación de trióxido de azufre (SO₃), no hay un historial detallado. Las órdenes de trabajo corresponden a ajustes realizados posteriores a la instalación y puestos en funcionamiento.

En los sistemas de transporte de ceniza volátil se enlistan los equipos en orden de mayor a menor cantidad de órdenes de trabajo generadas junto al porcentaje acumulado del total de las órdenes. Debido a las deficiencias encontradas en la

jerarquización de los equipos de acuerdo a su esquema funcional no puede establecerse un historial de mantenimiento para cada componente del sistema por separado. Sin embargo se observa de acuerdo a las tablas 17 y 18 que la mayoría de órdenes generadas corresponden a fallas presentadas en la línea de transporte en el caso de la unidad 2 y en las dos unidades a trabajos realizados en los alimentadores de los dos primeros campos o filas de alimentadores en cada uno de los precipitadores electrostáticos.

De acuerdo a lo observado y visto en la teoría de funcionamiento de los precipitadores electrostáticos en donde la mayor cantidad de ceniza es captada en los dos primeros campos, se produce mayor desgaste en los componentes del sistema de transporte en las filas correspondientes.

Dentro de las fallas encontradas en los sistemas de acuerdo al historial de los equipos y entrevistando al personal de operaciones y mantenimiento de la central se encuentran:

Precipitador Electrostático Unidad 2

- Desgaste en los componentes internos (placas y dispositivos de martilleo)
- Desalineamiento de campos
- Suciedad en los aisladores soportes
- Filtraciones
- Variaciones en los balances de flujo de gases hacia ambas cámaras.

Foto 13. Desgaste presentado en placas colectoras campo A precipitador

unidad 2



Fuente: El autor

Foto 14. Rotura en placas colectoras precipitador electrostático unidad 2



Fuente: el autor

Foto 15. Desgaste en zapatas de contacto mecanismo de martilleo

electrodos precipitador unidad 2



Fuente: El autor

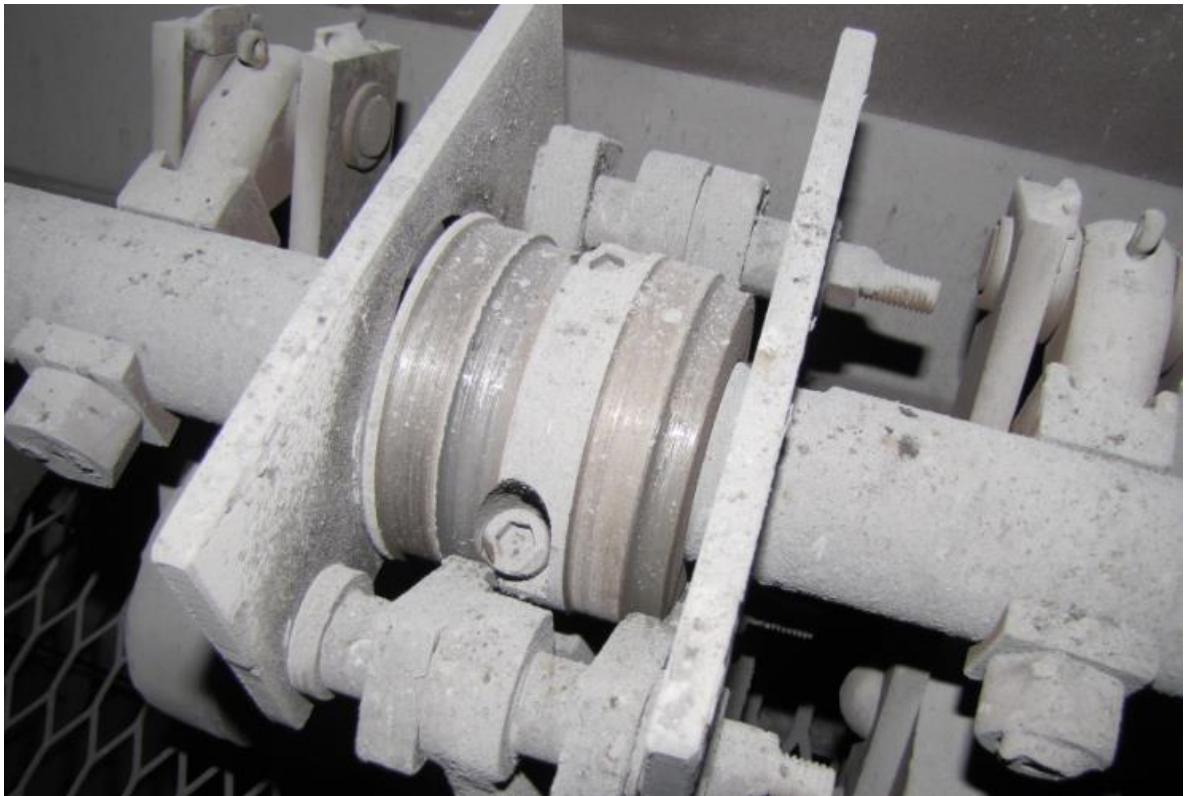
Foto 16. Suciedad en aisladores precipitador unidad 2





Fuente: El autor

Foto 17. Desgaste en bujes eje sistema martilleo placas colectoras

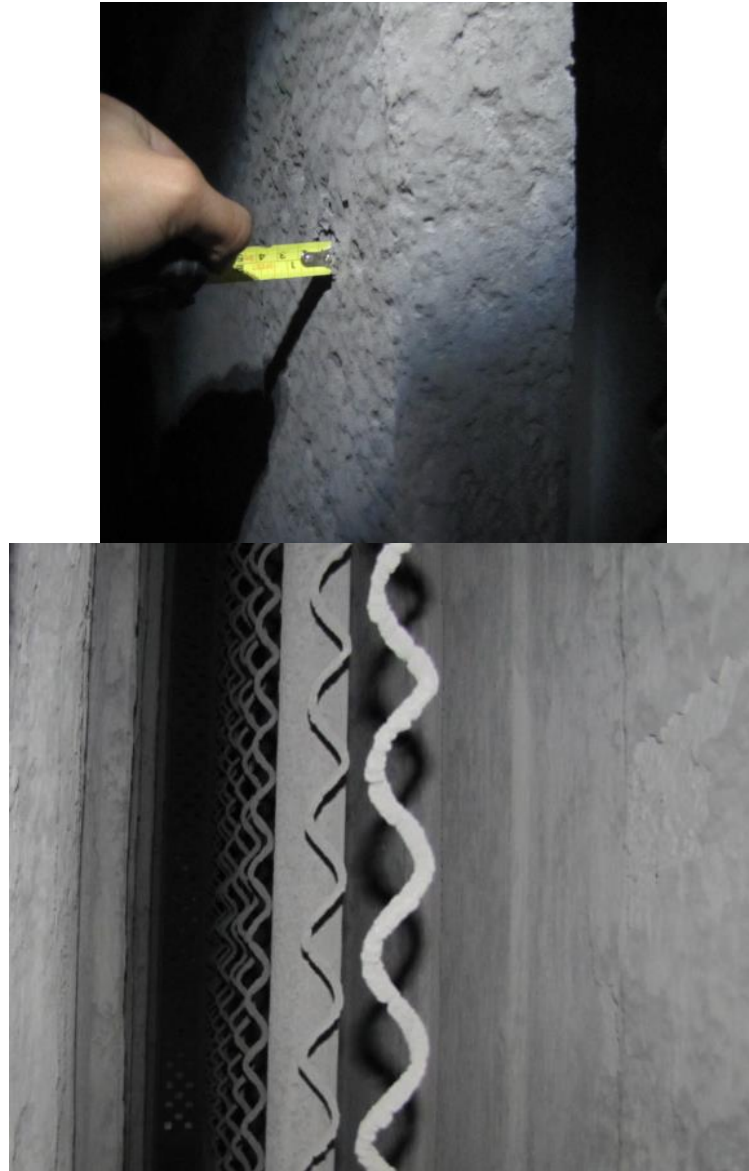


Fuente: El autor

Precipitador Electrostático Unidad 3

Suciedad en elementos internos generando el efecto de corona invertida

Foto 18. Suciedad en placas colectoras precipitador unidad 3



Fuente: El autor

Foto 19. Suciedad en aislador soporte precipitador unidad 3

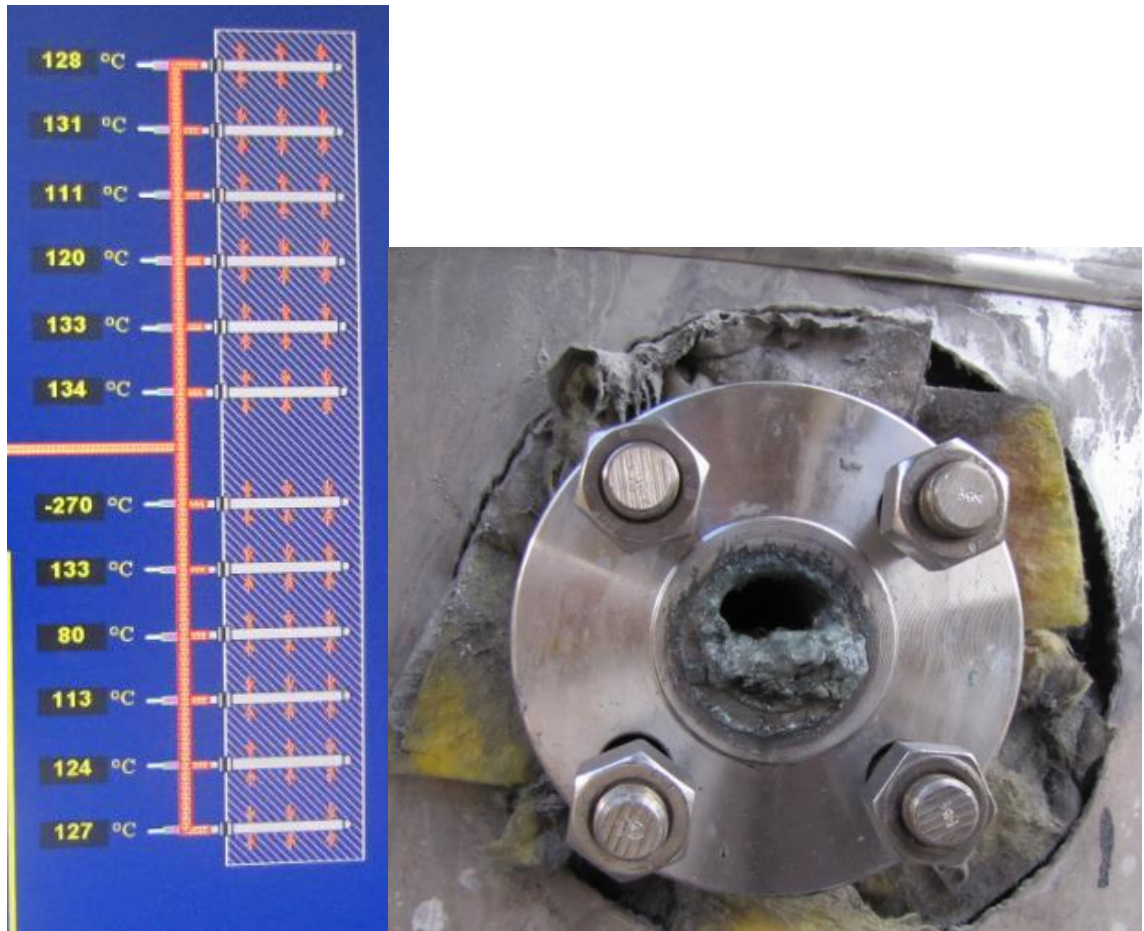


Fuente: El Autor

Sistema SO₃

- Taponamiento de los inyectores
- Formación de ácido sulfúrico en los puntos de inyección
- Fugas diversas

Foto 20. Bajas temperaturas de inyección de SO₃ con producción de condensación acida en inyectores ducto gases precipitador unidad 3.



Fuente: El autor

Sistema de transporte de ceniza volátil unidades 2 y 3

- Fugas en línea de transporte
- Desgaste abrasivo en componentes (Discos válvulas cargue y descargue, válvulas de igualación)
- Taponamientos en la línea de transporte

Foto 21. Fuga de ceniza en junta de expansión línea de transporte precipitador unidad 2.



Fuente: El autor

Foto 22. Desgaste abrasivo irregular en disco válvula de cargue sistema ceniza volatil unidad 3



Fuente: El autor

Foto 23. Desgaste abrasivo en disco válvula de igualación sistema de ceniza volátil unidad 3



Fuente: El autor

Foto 24. Atascamiento en la línea de transporte precipitador cuerpo A unidad 2.



Fuente: El autor

Foto 25. Desgaste en disco válvula manual de corte hacia alimentador



Fuente: El autor

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

4.1 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD 2

El equipo se encuentra con alto grado de deterioro en sus elementos internos, debido a los años de servicio, lo cual ha llevado a que opere por debajo de los parámetros óptimos y su eficiencia se haya visto reducida. Se lleva un esquema de mantenimiento preventivo el cual se realiza durante los trabajos de parada general de la unidad. Es requerida una actualización global para restituir la eficiencia.

4.2 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD 3

El equipo requiere de la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la operación dentro de las ventanas operacionales establecidas.

4.3 SISTEMA DE INYECCION DE SO₃

El equipo requiere de la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para garantizar la operación dentro de las ventanas operacionales establecidas.

4.4 SISTEMA TRANSPORTE DE CENIZA VOLATIL UNIDADES 2 Y 3

Se lleva un esquema de mantenimiento preventivo el cual se realiza durante los trabajos de parada general de la unidad. Sin embargo debido a las fallas presentadas en operación, es requerido establecer un programa de inspecciones entre mantenimientos para reducir el índice de fallas actual.

5. MODELO DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

Basado en la información obtenida (manuales de mantenimiento, historial de fallas y entrevistas personal operación y mantenimiento), se elabora un modelo de mantenimiento preventivo.

5.1 Programa de mantenimiento preventivo

Se elabora listado con las actividades de mantenimiento preventivo para los diferentes equipos.

5.2 Programa de mejoras o actualizaciones requeridas

Debido a que anualmente se deben realizar dos pruebas en el año de emisiones atmosféricas para garantizar el cumplimiento de las legislaciones medioambientales, los equipos deben mantenerse en sus condiciones de diseño para garantizar la eficiencia requerida. También entre más eficiente sea la recolección de ceniza, se obtienen beneficios económicos por la venta de la misma como subproducto, tal como se indicó en el numeral 1.4.2.

5.2.1 Precipitador Electrostático Unidad 2

Debido a que el estado del equipo, especialmente el cuerpo A se encontraba con deterioro agudo el cual generaba deficiencia en los parámetros de funcionamiento, fue requerido realizar una actualización durante la ejecución de este trabajo de monografía. En el mes de Junio del presente se realizó el cambio de los elementos internos (placas, electrodos, sistema de martillos); así como un ajuste de parámetros operativos

El cuerpo B se encuentra en una condición similar y se tiene proyectado para la vigencia 2014 realizar el cambio de los nuevos elementos internos.

Como programa de mejoras se tienen las siguientes actividades:

- Cambio del aislamiento térmico en los dos cuerpos
- Realizar mediciones que permitan determinar el balance de flujo de los gases de combustión hacia las dos cámaras para evitar sobrecarga de entrada de ceniza en las mismas. También realizar mediciones de distribución de flujo de gases en la entrada de las dos cámaras para evitar presencia de flujo preferencial.
- Seguir con las reparaciones debidas a las infiltraciones de aire falso que afectan el buen desempeño.
- Se deben adquirir pértigas de seguridad para las operaciones de aterrizado

Foto 26. Trabajos de cambio de elementos internos precipitador electrostático cuerpo A unidad 2.



Fuente: El autor

5.2.2 Precipitador Electrostático Unidad 3

Durante la ejecución de este trabajo de monografía fue requerido realizar algunos ajustes para disponer el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Se enlistan a continuación:

- Medición y correcciones en la distribución de flujo de gases en la cortina de entrada, esto para eliminar el flujo preferencial de gases hacia los pasajes del precipitador. Esta actividad fue realizada con la colaboración y experiencia del personal de la división de control ambiental de la firma Alstom Brasil, fabricante del equipo.
- Alineamiento de elementos internos (placas y electrodos). Esta actividad fue realizada con la colaboración y experiencia del personal de la división de control ambiental de la firma Alstom Brasil, fabricante del equipo.
- Limpieza general para retirar la ceniza acumulada en placas y electrodos
- Optimización y ajustes realizados a la planta de SO₃. Esto fue realizado con la colaboración y experiencia del personal de la firma Chemithon, subcontratista de la firma Alstom y fabricante del equipo.
- Ajuste de parámetros (tunning) de funcionamiento (control de voltaje en campos, secuencia y coordinación de martilleo “rapping”) Esta actividad fue realizada con la colaboración y experiencia del personal de la división de laboratorio y diseño de la firma Alstom Suecia, fabricante del equipo.

Como actividades de mejora se debe realizar:

- Iniciar el programa de mantenimiento preventivo para garantizar el buen funcionamiento y desempeño de los equipos
- Iniciar un programa de capacitación y refuerzo de conceptos para la operación y mantenimiento de los equipos.

5.2.3 Sistema de Transporte de ceniza volátil unidades 2 y 3

Durante la realización de este trabajo de monografía, se realizó mantenimiento general en las paradas programadas de planta a los dos sistemas.

Dentro de las mejoras a realizar en el sistema se enlistan:

- Hacer una revisión de los sistemas de control e incluir el control de presión en la línea de transporte para optimizar la evacuación de ceniza.
- Adquirir los nuevos kits de las válvulas de cargue y descargue las cuales vienen con un nuevo diseño que garantiza un asiento uniforme, evitando el desgaste irregular en los discos.

Foto 27. Ejecución de actividades de mantenimiento en los sistemas de ceniza volátil unidades 2 y 3.



1. ACCESORIOS



2. VALULAS DE IGUALACION



3. TUBERIA



4. ALIMENTADORES



5. ELEMENTOS ABRASIVOS



6. EMPAQUES

Fuente: Archivo unidad Servicios Técnicos.

Foto 28. Revisión de válvula de corte fila A precipitador electrostático cuerpo A unidad 2.



Fuente: Archivo unidad Servicios Técnicos.

Figura 40. Actualización en las válvulas de cargue y descargue alimentadores de ceniza.



Fuente: UNITED CONVEYOR CORPORATION, Upgrades for fly ash diffuser feeders. Deerfield, Illinois.

6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

Para iniciar una etapa de implementación, es requerido presentar la propuesta al comité técnico, mostrando los beneficios de una implementación. Una vez sean realizados los ajustes y sea aprobada por el comité, iniciar la implementación con los siguientes pasos:

- Socialización con las áreas involucradas
- Actualización de la jerarquización de los equipos en el CMMS existente
- Ingreso de las actividades de mantenimiento preventivo en el plan de mantenimiento.

- Etapa de planeación y programación: Elaboración de los requerimientos de repuestos, materiales y servicios para la implementación y la debida gestión para su adquisición.
- Implementación
- Retroalimentación y ajustes
- Generación de indicadores de desempeño para llevar seguimiento.

7. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo de monografía, permitió aplicar los conceptos vistos durante la especialización, aplicados en una situación real.

Se puede concluir que se produce una alta tasa de desgaste abrasivo en los elementos del primer campo en los alimentadores del sistema de ceniza volátil de las unidades 2 y 3, por lo cual se debe implementar un programa de inspección preventiva de menor frecuencia para mitigar las fallas producidas.

Es requerido realizar una actualización en la jerarquización de los equipos, esto para tener un historial más detallado, así como tener las herramientas informativas para realizar estudios de confiabilidad CMD y mantenimiento predictivo.

Se deben emplear técnicas de mantenimiento basado en condición CBM (vibraciones, termografía infrarroja) como complemento al plan de mantenimiento preventivo de los equipos.

Los sistemas objeto de estudio en esta presente monografía tienen un gran impacto en la generación y en el aspecto ambiental. Por tanto se justifica la implementación del presente modelo gerencial.

BIBLIOGRAFIA

BARON Reatiga Andres Emilio, Plan de mantenimiento preventivo de la planta de Autogeneración Argos Sogamoso. Monografía de Especialización de Gerencia en Mantenimiento. UIS, Bucaramanga. 2012.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

GONZALES JAIMES, Isnardo. Seminario I Profundización Bibliografica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

GONZALES JAIMES, Isnardo. Seminario II Monografía de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 41st Edition, Barberton, Ohio, U.S.A., 2005.

TERMOPAIPA I & III - MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, Alstom Power Enviroment Control System.

UNITED CONVEYOR CORPORATION, Instructions for Erection, Operation & Maintenance. Deerfield, Illinois.

UNITED CONVEYOR CORPORATION, Upgrades for fly ash diffuser feeders. Deerfield, Illinois.

ANEXOS

ANEXO A. Tablas de Jerarquización de Equipos

Tabla 1. Jerarquización equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 2

Sistema	Descripción Sistema	Equipo Padre	Descripción	Ubicación	Equipo Hijo	E/S	Descripción Equipo Hijo	Ubicación Equipo Hijo
16	SISTEMA DE CENIZA VOLÁTIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2AGA	S	VALVULA CORTE FILA D CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLÁTIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1AGA	S	VALVULA DE CORTE FILA A PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLÁTIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1AGB	S	VALVULA DE CORTE FILA B PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1AGC	S	VALVULA DE CORTE FILA C PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FA1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA D CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FA2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA D CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FA1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA A PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FA2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA A PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FB1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA B PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FB2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA B PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FC1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA C PRECIPITADOR CUERPO	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

							A	
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	1FC2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA C PRECIPITADOR CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AG1	S	VALVULA DE CORTE CUERPO A HACIA SILO	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2AGB	S	VALVULA DE CORTE FILA E PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2AGC	S	VALVULA DE CORTE FILA F PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2AGD	S	VALVULA DE CORTE FILA G PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FB1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA E PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FB2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA E PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FC1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA F PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FC2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA F PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FD1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA G PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	2FD2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA G PRECIPITADOR CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU2	LINEA DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AG2	S	VALVULA DE CORTE CUERPO B HACIA SILO	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU2	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AGA3	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORES FILA D	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU2	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AGA1	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORES FILA A CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU2	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AGA2	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORES FILAS B Y C CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU2	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD DOS	AGA4	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORES FILA E CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

			DOS					
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU2	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	AGA5	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORES FILAS F Y G CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCVAU2	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MSTCVAU2	S	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCVAU2	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TVMSTCVAU2	S	TUBER VALV MANUAL SOPLADOR TRANSCENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	ND

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCVDU2	SOPLADOR TRANSPORT E CENIZA VOLATIL D UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	MSTCVDU2	E	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORT E CENIZA VOLATIL D UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCVDU2	SOPLADOR TRANSPORT E CENIZA VOLATIL D UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	TVMSTDU2	S	TUBERIAS VALVULAS MANUALES SOPLADOR TRANSPORT E D UNIDAD DOS	ND
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	IPECAU2	S	INSTRUMENTA PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC1PECAU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 1 CUERPO A	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC2PECAU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 2 CUERPO A	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC3PECAU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 3 CUERPO A	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC1PECAU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 1 CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC2PECAU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 2 CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC3PECAU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 3 CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TCLPECAU2	S	TABLERO CONTROL LOCAL PRECIP ELECTROSTATICO CUERPO A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	RCASPECAU2	S	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO AISLADORES SOPORTES CUERPO A	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRSRPEU2	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR SILICIO RESERVA	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS1PECAU2	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR SILICIO CAMPO 1 CUERPO A	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS2PECAU2	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR SILICIO CAMPO 2 CUERPO A	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS3PECAU2	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR SILICIO CAMPO 3 CUERPO A	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	IPECBU2	S	INSTRUMENTOS PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B	ND

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC1PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 1 CUERPO B	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC2PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 2 CUERPO B	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MREC3PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 3 CUERPO B	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC1PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 1 CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC2PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 2 CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	MRPC3PE CBU2	S	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 3 CUERPO B	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TCLPECB U2	S	TABLERO CONTROL LOCAL PRECIP ELECT CUERPO B	ND
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	RCASPEC BU2	S	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO AISLADORES SOPORTES CUERPO B	ULTIMO PISO PRECIPITADOR UNIDAD DOS

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS1PECBU2	S	TRANSFORMADOR SILICIO CAMPO 1 CUERPO B	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS2PECBU2	S	TRANSFORMADOR SILICIO CAMPO 2 CUERPO B	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD DOS	TRS3PECBU2	S	TRANSFORMADOR SILICIO CAMPO 3 CUERPO B	NIVEL 17:50 CALDERA UNIDAD DOS

Tabla 2. Jerarquización equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 3

Sistema	Descripción Sistema	Equipo	Descripción	Ubicación	Equipo Hijo	E/S	Descripción Equipo Hijo	Ubicación Equipo Hijo
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3AGA	S	VALVULA DE CORTE FILA A CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3AGB	S	VALVULA DE CORTE FILA B PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3AGC	S	VALVULA DE CORTE FILA C PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3AGD	S	VALVULA DE CORTE FILA D PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FA1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA A CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FA2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA A CALENTADOR DE AIRE	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FB1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA B PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FB2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA B PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FB3	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA B PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FC1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA C PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FC2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA C PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FC3	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA C PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FD1	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA D PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FD2	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA D PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LTCVU3	LINEA DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	3FD3	S	ALIMENTADOR DE CENIZA NUVAFEEDER FILA D PRECIPITADOR	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU3	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	AGA6	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORE S FILA A	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU3	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL	NIVEL 00.00 CALDERA UNIDAD TRES	AGA7	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORE S FILAS B Y C	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES

			UNIDAD TRES					
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	LAAU3	LINEA DE AIRE AUXILIAR SISTEMA CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	AGA8	S	VALVULA DE CORTE HACIA ALIMENTADORE S FILA D	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCBU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	ISTCBU3	S	INSTRUMENTACION SOPLADOR TRANSPORTE DE CENIZA B UNIDAD TRES	ND
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCBU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	MSTCBU3	S	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCBU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	TVMSTCBU3	S	TUB VALVUL MANUALES SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	ND
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCCU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	ISTCCU3	S	INSTRUMENTACION SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	ND

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCCU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	MSTCCU3	S	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	STCCU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	TVMSTCCU3	S	TUB VALVUALS MANULAES SOPLADOR TRANSPOR CENIZA C UNIDAD TRES	ND
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	IPEU3	S	INSTRUMENTACION PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MS-01	S	REDUCTOR SISTEMA ELECTRODOS CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MS-02	S	REDUCTOR SISTEMA ELECTRODOS CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MS-03	S	REDUCTOR SISTEMA ELECTRODOS CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MN-01	S	REDUCTOR SISTEMA PLACAS COLECTORAS CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MN-02	S	REDUCTOR SISTEMA PLACAS COLECTORAS CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MN-03	S	REDUCTOR SISTEMA PLACAS COLECTORAS CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-MOF-01	S	REDUCTOR SCREEN SISTEMA OFF FLOW	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-1	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-2	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-3	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-4	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-5	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-6	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-7	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-8	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-9	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-10	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-11	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H01-12	S	RESISTENCIA CALEFACTORA AISLADOR SOPORTE CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H02-1	S	RESISTENCIA CALEFACTORA SISTEMA DESCARGA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H02-2	S	RESISTENCIA CALEFACTORA SISTEMA DESCARGA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H02-3	S	RESISTENCIA CALEFACTORA SISTEMA DESCARGA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-1	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-2	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-7	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-8	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-13	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-14	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-3	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-4	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-9	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-10	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-15	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-16	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-5	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD	U3-H03-6	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

	VOLATIL		TRES	TRES				
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-11	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-12	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-17	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-H03-18	S	RESISTENCIA CALEFACTORA TOLVA CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-SIR-1F	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR SIR CAMPO 1	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-PP-2F	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR CAMPO 2	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	U3-PP-3F	S	TRANSFORMADOR RECTIFICADOR CAMPO 3	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	TCLPEU3	S	TABLERO CTL LOCAL PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	NIVEL 00:00 CALDERA UNIDAD TRES	VBSFPU3	S	VENTILADOR DE BARRIDO SF-01 PRECIPITADOR UNIDAD TRES	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	VBSFPU3	VENTILADOR DE BARRIDO SF-01 PRECIPITADOR UNIDAD TRES	PRECIPITADOR UNIDAD TRES	MVBSFPU3	S	MOTOR VENTILADOR DE BARRIDO SF-01 PRECIPITADOR UNIDAD TRES	PRECIPITADOR UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	VBSFPU3	VENTILADOR DE BARRIDO SF-01 PRECIPITADOR UNIDAD TRES	PRECIPITADOR UNIDAD TRES	U3-H-04	S	BANCO DE RESISTENCIAS PARA EL CALENTAMIENTO DEL AIRE SISTEMA AIR FLUSHING	PRECIPITADOR UNIDAD TRES

Tabla 3. Jerarquización de los equipos de la planta SO3

Sistema	Descripción Sistema	Equipo	Descripción	Ubicación	Equipo Hijo	E/S	Descripción Equipo Hijo	Ubicación Equipo Hijo
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	GTAGU0	E	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	CMAPLSO3U0	S	CUARTO DE MAQUINAS PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	BA20101	S	COMPRESOR DE AIRE (SO3) UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO	NIVEL 0:0 CALDERA	SP20301	S	SECADOR DE AIRE PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y	NIVEL 0:0 LADO TANQUES

			AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	A UNIDAD UNO			TRES	COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	VE20301	S	TANQUE AIRE SECO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	SP30701	S	CALENTADOR AIRE DE PROCESO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES DE COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	VE30101	S	QUEMADOR DE AZUFRE PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	HE30101	S	ENFRIADOR SO2 PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	VE30301	S	CONVERTIDOR CATALITICO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	1-SP25001	S	CALENTADOR DE AIRE DILUCION PLANTA SO3 HACIA UNIDAD III	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	2-SP25001	S	CALENTADOR AIRE DILUCION PLANTA SO3 HACIA ESP UNIDAD I	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE

			UNO TRES				
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	1-SP30001	S	INYECTORES PLANTA SO3 HACIA ESP UNIDAD III DUCTO ENTRADA GASES HACIA PRECIPITADOR UNIDAD III
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	2-SP30001	S	INYECTORES SO3 DUCTO GASES ESCAPE UNIDAD I DUCTO SALIDA GASES ESCAPE HACIA ESP UNIDAD I
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	EISO3PU0	S	ELECTROBOMBA ALIMENTACION AGUA HACIA PLANTA SO3 PLANTA TRATAMIENTO AGUA UNIDAD TRES
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	G TAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE	NIVEL 0:0 CALDERA	50OP1V10	S	TANQUE ALMACENAMIENTO QUIMICO (SO3) UNIDADES UNO Y NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBL

			GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	UNIDAD UNO			TRES	E
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	P30401	S	BOMBA QUIMICOS (SO3) UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	0-CT10305	S	TANQUE DE ALIMENTACION AGUA CALDERA PLANTA SO3	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	CP10203	S	BOMBA AGUA ALIMENTACION 1 CALDERA PLANTA SO3	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO	NIVEL 0:0 CALDERA	CP10204	S	BOMBA AGUA ALIMENTACION 2 CALDERA	NIVEL 0:0 LADO TANQUES

			AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	A UNIDAD UNO			PLANTA SO3	COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	SP10304	S	CALDERA VAPOR PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	0-SP10302	S	SEPARADOR DE PURGA CALDERA PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU 0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	0-SP10301	S	CABEZAL DE VAPOR CALDERA PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE

16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	0-SP10303	S	CABEZAL CONDENSADO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	TK10101	S	TANQUE DERRETIDOR DE ASUFRE (SO3) UNIDADES UNO Y TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	PA10201	S	BOMBA DE AZUFRE N° 1 (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE
16	SISTEMA DE CENIZA VOLATIL	GTAGU0	GENERADOR DE TRIOXIDO AZUFRE GASEOSO (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 CALDERA UNIDAD UNO	PA10202	S	BOMBA DE AZUFRE N° 2 (SO3) UNIDADES UNO TRES	NIVEL 0:0 LADO TANQUES COMBUSTIBLE

Tabla 4. Especificaciones técnicas accionamiento de los sistemas de emisión precipitador electrostático unidad 2

ACCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE EMISION			
TAG	Descripción	Fabricante:	Sumitomo Heavy Industries Ltd
MREC1PECAU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 1 CUERPO A	Tipo:	RHOTO HIT mecanico accionado por motor con cronizador de intervalo ajustable HM 05 - 561
MREC2PECAU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 2 CUERPO A	Velocidad (entrada / salida):	1/2537
MREC3PECAU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 3 CUERPO A	Potencia:	0,2 kW
MREC1PECBU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 1 CUERPO B	Tensión:	440 V
MREC2PECBU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 2 CUERPO B	Frecuencia:	60 Hz
MREC3PECBU2	MOTOREDUCTOR ELECTRODOS CAMPO 3 CUERPO B	Factor de servicio:	
		Aislamiento/protección clase IP:	Class B
		Eje hueco con chaveta:	5 mm
		Posición de Instalación:	Horizontal
		Conexión de la caja de cables:	NPT1

Tabla 5. Especificaciones técnicas accionamiento de los sistemas de colección precipitador electrostático unidad 2

ACCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE COLECCIÓN			
MRPC1PECAU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 1 CUERPO A	Fabricante:	Sumitomo Heavy Industries Ltd
MRPC2PECAU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 2 CUERPO A	Tipo:	Golpe Oscilante mecánico accionado por motor HM 02 - 541
MRPC3PECAU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 3 CUERPO A	Velocidad (entrada / salida):	1/2537
MRPC1PECBU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 1 CUERPO B	Potencia:	0,4 kW
MRPC2PECBU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 2 CUERPO B	Tensión:	440 V
MRPC3PECBU2	MOTOREDUCTOR PLACAS CAMPO 3 CUERPO B	Frecuencia:	60 Hz
		Factor de servicio:	
		Aislamiento / protección clase IP:	Class B
		Eje hueco con chaveta:	5 mm
		Posición de Instalación:	Horizontal
		Conexión de la caja de cables :	NPT1

Tabla 6. Especificaciones técnicas elementos calefactores de los aisladores soportes precipitador electrostático unidad 2

ELEMENTOS CALEFACTORES DE LOS AISLADORES SOPORTES			
TAG	Descripción	Fabricante:	Ishihara heater Manufacturing Co., Ltd
RCASPECAU2	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO AISLADORES SOPORTES CUERPO A	Tipo no:	Con cubierta del reflector
RCASPECBU2	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO AISLADORES SOPORTES CUERPO B	Producto no:	HD-11E
		Potencia:	1 kW
		Tensión :	440 V
		Frecuencia:	60 Hz

Tabla 7. Especificaciones técnicas transformadores rectificadores precipitador electrostático unidad 2

TRANSFORMADORES RECTIFICADORES			
TAG	Descripción	Fabricante:	FUJI ELECTRIC
TRS1PECAU2	Transformador rectificador silicio campo 1 precipitador cuerpo A	Tensión de alimentación:	460 V
TRS2PECAU2	Transformador rectificador silicio campo 2 precipitador cuerpo A	Tensión de control:	
TRS1PECBU2	Transformador rectificador silicio campo 1 precipitador cuerpo B	Frecuencia:	60 Hz
TRS2PECBU2	Transformador rectificador silicio campo 2 precipitador cuerpo B	Corriente en el primario:	99 A
TRS3PECBU2	Transformador rectificador silicio campo 3 precipitador	Potencia:	

	cuerpo B		
		Tensión en el secundario:	50 Kv
		Corriente en el secundario:	600 mA
TRS3PECAU2	Transformador rectificador silicio campo 3 precipitador cuerpo A	Fabricante:	FUJI ELECTRIC
		Tensión de alimentación:	460 V
		Tensión de control:	
		Frecuencia:	60 Hz
		Corriente en el primario:	199 A
		Potencia:	92 kVA
		Tensión en el secundario:	50 kV
		Corriente en el secundario:	1200 mA

Tabla 8. Especificaciones técnicas precipitador electrostático unidad 3

Ítem	Unidad de medida	UNIDAD 3
General		
Tipo de precipitador		FTA
Número de cámaras		01
Número de campos (series)		03
Número celdas por campo		01
Largura del campo	mm	3750 / 3750 / 3750
Anchura del campo	mm	1360
Altura del campo	mm	15000
Área total de colecta	m ²	11475
Velocidad del gas	m/s	1,21
Pasajes de gas por cámara	Nr.	34
Tiempo de retención	s	9.33
Carcasa		Existente con complemento en la altura
Entrada		Adaptación del existente
Tipo		Horizontal
Número de pasajes en la entrada		01
Nuevas pantallas de distribución en la entrada		03 placas perforadas
Nuevo material para las pantallas de entrada		Acero al carbón – 3.0;1.5;1.5 mm
Salida		Adaptación del existente
Tipo		Horizontal
Número de pasajes en la salida		01

Nuevas pantallas de distribución en la salida		02 Placas perforadas según el arreglo de golpeteo "off-flow"
Nuevo material para las pantallas de salida		Acero al carbón – 2 mm
Tolvas		Existente
Tipo		Piramidal
Número de tolvas por cámara		9
Calentamiento de tolvas		Nuevo juego de resistencias (si es necesario): 2 x 2 kW por tolva
Aisladores		
Aisladores soporte	Pza.	12
Eje aislador	Pza.	03
Aislador pasamuros	Pza.	03
Calentadores de aisladores		Eje aislador y aisladores soporte
Electrodos de emisión		
Tipo		espiral
Material		904L
Espaciamiento		250 x 400
Número de niveles		03
Número de electrodos por cámara		4590
Placas colectoras		
Tipo		Perfil ALSTOM G-750
Material		Acero al carbón - 1,5 mm
Espaciamiento	mm	400

Número de placas colectoras por cámara		525
Sistema de golpeteo		
Tipo		Martillos rotativos
Número de accionamientos sistema de emisión		01 por campo, total 03 por cámara
Número de accionamientos sistema colecta		01 por campo, total 03 por cámara
Estructura de soporte		Existente
Sistema de Air-flushing		
Ventilador centrífugo		
• Flujo	m3/h	1140
• Motor	KW	2.2
• Presión	Pa	1300
Resistencia eléctrica	KW	42
Filtro de aire		650X650X50mm Fibra de vidrio - Clase G3

Tabla 9. Especificaciones técnicas accionamientos de los sistemas de emisión y colección precipitador electrostático unidad 3

ACCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE EMISION Y COLECCIÓN			
TAG	Descripción	Fabricante:	SEW Euro drive
U3-MS-01	Reductor sistema electrodos campo 1	Tipo:	SA67 R37 DRS71S4
U3-MS-02	Reductor sistema electrodos campo 2	Velocidad (entrada / salida):	1700/3,1 rpm
U3-MS-03	Reductor sistema electrodos campo 3	Potencia:	0.37 KW
U3-MN-01	Reductor sistema placas colectoras campo 1	Tensión:	220/440 V
U3-MN-02	Reductor sistema placas colectoras campo 2	Frecuencia:	60 Hz
		Factor de servicio:	0,8
		Aislamiento/protección clase IP:	IPW55
		Eje hueco con chaveta:	40 mm
		Posición de Instalación:	M5-A-270
		Conexión de la caja de cables:	270°
U3-MN-03	Reductor sistema placas colectoras campo 3	Fabricante:	SEW Euro drive
U3-MOF-01	Reductor screen sistema Off Flow	Tipo:	KAZ77 R37 DRS71S4/AS7W
		Velocidad (entrada / salida):	1700/0,26 rpm
		Potencia:	0.37 KW
		Tensión:	220/440 V
		Frecuencia:	60 Hz
		Factor de servicio:	1
		Aislamiento / protección clase IP:	IPW55
		Eje hueco con chaveta:	50 mm
		Posición de Instalación:	M1-A-180
Conexión de la caja de cables :	180°		

Tabla 10. Especificaciones técnicas ventilador de barrido (air flushing) precipitador electrostático unidad 3

VENTILADOR AIR FLUSHING			
TAG	Descripción	MODELO	IBF - 05 - 460 - SWSI/4
U3 - MAF - 01	VENTILADOR AIR FLUSHING	CAUDAL	850 M3/h
		VELOCIDAD DE ROTACION DEL VENTILADOR	3500 rpm
		POTENCIA MOTOR ELECTRICO	7,5 HP (5,5 KW)/2 POLOS/440 V
		PLANO	BR-5102-M-1007A-0368
U3-H-04	Banco de resistencias para el calentamiento del Aire sistema air flushing	Marca:	PROWAT
		Cantidad:	01 Unidad
		Potencia:	30 kW
		Tensión:	440 V
		Fases:	3
		Ciclos:	60 Hz
		Tipo:	E132

Tabla 11. Especificaciones técnicas elementos calefactores

ELEMENTOS CALEFACTORES DE LOS AISLADORES SOPORTES			
TAG	Descripción	Fabricante:	PROWAT
U3-H01-1	Elementos calefactores campo 1	Tipo no:	1319K48V Inox AISI 304
U3-H01-2		Producto no:	Sub 1006A / 3006A
U3-H01-3		Potencia:	1 kW
U3-H01-4		Tensión :	440 V
U3-H01-5	Elementos calefactores campo 2	Frecuencia:	60 Hz
U3-H01-6			
U3-H01-7			
U3-H01-8			
U3-H01-9	Elementos calefactores campo 3		
U3-H01-10			
U3-H01-11			
U3-H01-12			
ELEMENTOS CALEFACTORES ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESCARGA			
TAG	Descripción	Fabricante:	PROWAT
U3-H02-1	Elementos calefactores campo 1	Tipo no:	1319K49V Inox AISI 304
U3-H02-2	Elementos calefactores campo 2	Producto no:	Sub 1017A / 3017A
U3-H02-3	Elementos calefactores campo 3	Potencia:	1 kW
		Tensión :	440 V
		Frecuencia:	60 Hz
ELEMENTOS CALEFACTORES TOLVAS			
TAG	Descripción	Fabricante:	PROWAT
U3-H03-1	Elementos calefactores tolvas campo 1	Tipo no:	1319K50V Inox AISI 304

U3-H03-2	Elementos calefactores tolvas campo 2	Producto no:	Sub 3049A	
U3-H03-7		Potencia:	2 kW	
U3-H03-8		Tensión :	480 V	
U3-H03-13		Frecuencia:	60 Hz	
U3-H03-14		Elementos calefactores tolvas campo 3		
U3-H03-3				
U3-H03-4				
U3-H03-9				
U3-H03-10				
U3-H03-15				
U3-H03-16		Elementos calefactores tolvas campo 3		
U3-H03-5				
U3-H03-6				
U3-H03-11				
U3-H03-12				
U3-H03-17				
U3-H03-18				

Tabla 12. Especificaciones técnicas transformadores rectificadores

TRANSFORMADORES RECTIFICADORES			
TAG	Descripción	Fabricante:	ALSTOM SUECIA
U3-SIR-1F	Unidades-SIR Campo 1	Tensión de alimentación:	480 V
		Tensión de control:	-
		Frecuencia:	60 Hz
		Corriente en el primario:	163 A
		Potencia:	120 kVA
		Tensión en el secundario:	100 kVp
		Corriente en el secundario:	1200 mA (media)
U3-PP-2F	Transformador campo 2	Fabricante:	KRAFT
U3-PP-3F	Transformador campo 3	Tensión de alimentación:	440 V
		Tensión de control:	120/24Vac
		Frecuencia:	60 Hz
		Corriente en el primario:	385 A
		Potencia:	169 kVA
		Tensión en el secundario:	100 kVp
		Corriente en el secundario:	1600 mA (media)

Tabla 13. Especificaciones equipos planta SO3

TAG	Descripción	Tipo	P&ID	Capacidad	Presión de Operación (bar)	Temp. de operación (°C)	Potencia de operación	MARCA	Observaciones
SISTEMA SO3									
0GA10101	Almacenamiento de azufre y sistema de medicion								
TK10101	Tanque derretidor azufre	horizontal	0-PID10000-1	600 gal	NA	136	NA	Chemithon	
PA10201	Bomba azufre 1	sumergible	0-PID10000-1	0,6 cc	NA	136	0,75 HP	zenith B-9000	Reductor 7,8 relacion de transmision
PA10202	Bomba azufre 2	sumergible	0-PID10000-1	1,2 cc	NA	136	0,75 HP	zenith B-9000	Reductor 7,8 relacion de transmision
0-PM10201	Motor bomba azufre 1	Induccion	0-PID10000-1	1800 RPM	NA	NA	0,75 HP	Baldor VEM3546	35J302P529 G1
0-PM10202	Motor bomba azufre 2	Induccion	0-PID10000-1	1800 RPM	NA	NA	0,75 HP	Baldor VEM3546	
0GA10301	Sistema vapor y condensado								
0-SP10304	Cabezal de condensado	Manifold	0-PID-10300-1	NA	3,5	149	NA	ARMSTRONG CCAF028	

0-SP10303	Cabezales vapor	Manifold	0-PID-10300-1	NA	3,5	149	NA	ARMSTRONG SMSD-8	
0-SP1031	Sistema generacion de vapor								
0-SP10302	Separador de purga	vertical	0-PID10300-02	NA	0	30	NA	COLUMBIA BOILER CO.	S/N: 159752
0-SP10301	Generador de Vapor	Electrico	0-PID10300-02	295 LB/HR	100 PSI	164	84 KW	SUSSMAN ES85	
0-CT10305	Tanque de Agua de alimentacion	vertical	0-PID10300-02	NA	NA	30	NA	NA	
CP10203	Bomba de Alimentación 1	Turbina	0-PID10300-02	3,7 GPM	3,7 PSI	30	1/2 HP	BURKS 5CT6M-FE	
MCP10203	Motor Bomba de Alimentación 1	Induccion	0-PID10300-02	3450 RPM	NA	46	1/2 HP	BLUFFTON MOD 1103295400	
CP10204	Bomba de Alimentación 2	Turbina	0-PID10300-02	3,7 GPM	3,7 PSI	30	1/2 HP	BURKS 5CT6M-FE	
MCP10203	Motor Bomba de Alimentación 1	Induccion	0-PID10300-02	3450 RPM	NA	46	1/2 HP	BLUFFTON MOD 1103295400	
SP10302	Sistema inyección de químicos hacia tanque de								

	condensado								
P30401	Bomba de Inyección de quimicos	Proporcional	0-PID103 00-02	6 GPM	NA	30	NA	CLEAVER BROOKS	V-10
MP30401	Motor Bomba de Inyección de quimicos	Induccion	0-PID103 00-02	1725 RPM	NA	NA	1/3 HP	MARATHON ELECTRIC	5KC35MNB6 39X
50OP1V10	Tanque de almacenamiento de quimico	vertical	0-PID103 00-02	50 GAL	NA	NA	NA	CLEAVER BROOKS	
A50OP1V10	Agitador	Acero Inoxidable	0-PID103 00-02	NA	NA	NA	NA	CLEAVER BROOKS	
0-PMA50OP1V10	Motor agitador	Induccion	0-PID103 00-02	1725 RPM	NA	NA	1/4 HP	MARATHON ELECTRIC	5KH36PNB0 50AT
GA20301	Sistema de secado de aire								
SP20301	Secador de aire	Regenerativo	0-PID200 00-01	200 SCFM	7	200	32,2 W	HANKINSON HHS-450	100° F DEW POINT
VE20301	Tanque de almacenamiento de aire seco	vertical	0-PID200 00-01	81 GAL	7	200	NA	SILVAN INDUSTRIES	S/N: 649195
GA20101	Sistema suministro de aire								
VE20101	Tanque de aire	vertical	0-PID200 00-01	367 GAL	7	200	NA	SILVAN INDUSTRIES	S/N: 647347

BA20101	Compresor de aire	Tornillo	0-PID200 00-01	753 SCFM	7	200	149,2 KW	QUINCY NORTHWEST M/N QNW 1011	
0- PMBA2010 1	Motor compresor de aire	Induccion	0- PID200 00-01	1778 RPM	NA	40	149,2 KW	TECO WESTINGHO USE	
VE20102	Tanque de aceite	vertical	0- PID200 00-01	32 GAL	100 PSI	160	NA	SILVAN INDUSTRIES	S/N: 633153
HE20101	Post- enfriador	Radiador	0- PID200 00-01	NA	NA	NA	NA	QUINCY NORTHWEST M/N QNW 1011	
0- PMHE2010 1	Motor post- enfriador	Induccion	0- PID200 00-01	1778 RPM	NA	40	6,5 KW	TECO WESTINGHO USE	
0-GA25001	Sistema de dilucion de aire y medicion de SO3 gaseoso								
2-SP25001	Calentador de aire de dilucion hacia unidad I	Inmersión	0- PID250 00-01	440 V	NA	400	40 KW	OGDEN MANUFACTU RING CO.	K6A-15- 0721-M5
1-SP25001	Calentador de aire de dilucion	Inmersión	0- PID250 00-01	440 V	NA	400	40 KW	OGDEN MANUFACTU RING CO.	K6A-15- 0721-M5

	hacia unidad III								
2-SP30001	Inyectores unidad I	De Ducto	0- PID250 00-01	NA	4,5	240	NA	Chemithon	
1-SP30001	Inyectores unidad III	De Ducto	0- PID250 00-01	NA	4,5	240	NA	Chemithon	
Quemador de azufre y generador de SO3									
VE30101	Quemador de azufre	vertical	0- PID300 00-01	NA	1,8	500	NA	Chemithon	S/N: GC6099- OVE30101
VE30301	Convertidor	vertical	0- PID300 00-01	NA	1,8	455	NA	Chemithon	S/N: 25562
HE30101	Enfriador SO2	Tubular	0- PID300 00-01	NA	4	455	NA	Chemithon	
SP30701	Calentador de aire de proceso	Inmersión	0- PID300 00-01	440 V	NA	780	40 KW	OGDEN MANUFACTU RING CO.	K6A-15- 0721-M5

Tabla 14. Especificaciones técnicas equipos sistema transporte de ceniza unidad 2

TAG	Descripción	Tipo	PLANO	Cant	Fabricante	Ubicación	Observaciones
	VALVULA PLUG 8"		514-55283-7	1	UCC	FILA D CALENTADOR DE AIRE UNIDAD 2	196501-3
	VALVULA CHECK 8"	ANTIRETORNO	514-55283-7	1	UCC		190238 No. 190238-2
2AGA	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE ALIMENTADORES FILA D	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC		
AGA3	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA D	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006	514-55283-7	1	KEYSTONE		
2FA1	ALIMENTADOR DE CENIZA A1 FILA D	NUVAFEEDER	SK-10-55283-1	1	UCC		
2FA2	ALIMENTADOR DE CENIZA A2 FILA D	NUVAFEEDER	SK-10-55283-1	1	UCC		
	VALVULA PLUG 8"			1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	196501-3

	VALVULA CHECK 8"	ANTIRETORNO		1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	190238 No. 190238-2
1AGA	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA A	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	
AGA1	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA A	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	
1FA1	ALIMENTADOR DE CENIZA A1 FILA A	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	
1FA2	ALIMENTADOR DE CENIZA A2 FILA A	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA A	
1AGB	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA B	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA B	
1FB1	ALIMENTADOR DE CENIZA B1 FILA B	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA B	

1FB2	ALIMENTADOR DE CENIZA B2 FILA B	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA B	
AGA2	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA B Y C	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA B Y C	
1AGC	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA C	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA C	
1FC1	ALIMENTADOR DE CENIZA C1 FILA C	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA C	
1FC2	ALIMENTADOR DE CENIZA C2 FILA C	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO A UNIDAD 2 FILA C	
AG-1	VALVULA CORTE TRANSPORTE CUERPO A HACIA SILO DE CENIZA	8" TOTALLY ENCLOSED TWO - WAY ROTARY SLIDE GATE	2-1905-122		UCC	LINEA TRANSPORTE CENIZA DESDE PRECIPITADOR CUERPO A HACIA SILO	
2AGB	VALVULA CORTE AIRE TRANSPORTE HACIA	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA E	

	ALIMENTADORES FILA E						
AGA4	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA E	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA E	
2FB1	ALIMENTADOR DE CENIZA B1 FILA E	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA E	
2FB2	ALIMENTADOR DE CENIZA B2 FILA A	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA E	
2AGC	VALVULA CORTE AIRE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA F	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956- 242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA F	
2FC1	ALIMENTADOR DE CENIZA C1 FILA F	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA F	
2FC2	ALIMENTADOR DE CENIZA C2 FILA F	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA F	
AGA5	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA F Y G	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA F Y G	

		100-006					
2AGD	VALVULA CORTE AIRE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA G	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956- 242	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA G	
2FD1	ALIMENTADOR DE CENIZA D1 FILA G	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA G	
2FD2	ALIMENTADOR DE CENIZA D2 FILA G	NUVAFEEDER	SK-10- 55283- 2	1	UCC	PRECIPITADOR CUERPO B UNIDAD 2 FILA G	
AG-2	VALVULA DESCARGA CUERPO B HACIA SILO DE CENIZA	8" TOTALLY ENCLOSED TWO - WAY ROTARY SLIDE GATE	2-1905- 122		UCC	LINEA TRANSPORTE CENIZA HACIA SILO	

Tabla 15. Especificaciones técnicas equipos sistema de transporte de ceniza unidad 3.

TAG	Descripción	Tipo	PLANO	Cant	Fabricante	Ubicación	Observaciones
	VALVULA PLUG 8"		514-55283-7	1	UCC	FILA A CALENTADOR DE AIRE UNIDAD 3	196501-3
	VALVULA CHECK 8"	ANTIRETORNO	514-55283-7	1	UCC		190238 No. 190238-2
3AGA	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE ALIMENTADORES FILA A	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC		
AGA6	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA A	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006	514-55283-7	1	KEYSTONE		
3FA1	ALIMENTADOR DE CENIZA A1 FILA A	NUVAFEEDER	SK-10-55283-1	1	UCC		
3FA2	ALIMENTADOR DE CENIZA A2 FILA A	NUVAFEEDER	SK-10-55283-1	1	UCC		
3AGB	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA B	

	FILA B						
AGA7	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA B Y C	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA B	
3FB1	ALIMENTADOR DE CENIZA B1 FILA B	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA B	
3FB2	ALIMENTADOR DE CENIZA B2 FILA B	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA B	
3FB3	ALIMENTADOR DE CENIZA B3 FILA B	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA B	
3AGC	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA C	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA C	
3FC1	ALIMENTADOR DE CENIZA C1 FILA C	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA C	
3FC2	ALIMENTADOR DE CENIZA C2 FILA C	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA C	

3FC3	ALIMENTADOR DE CENIZA C3 FILA C	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA C	
AGA8	VALVULA AIRE AUXILIAR ALIMENTADORES FILA D	4" BUTTERFLY VALVE KEYSTONE FIG 100, FIG 100, FIG 100-006		1	KEYSTONE	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA D	
3AGD	VALVULA DE CORTE AIRE DE TRANSPORTE HACIA ALIMENTADORES FILA D	8" ROTARY DISC GATE AIR CYL OPER	3-1956-242	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA D	
3FD1	ALIMENTADOR DE CENIZA D1 FILA D	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA D	
3FD2	ALIMENTADOR DE CENIZA D2 FILA D	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA D	
3FD3	ALIMENTADOR DE CENIZA D3 FILA D	NUVAFEEDER	SK-10-55283-2	1	UCC	PRECIPITADOR UNIDAD 3 FILA D	

Tabla 16. Distribución ordenes de trabajos correctivos por equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 2.

Equipo	Descripción Equipo	Nro Orden	% orden	Acumulado %
DTCVU2	DUCTOS TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD DOS	46	13,26%	22,19%
APAFAU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR A FILA A UNIDAD DOS	31	8,93%	31,12%
APAFBU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR A FILA B UNIDAD DOS	31	8,93%	39,48%
APBFU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA E UNIDAD DOS	29	8,36%	46,69%
APBFGU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA G UNIDAD DOS	25	7,20%	53,03%
PECAU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO A UNIDAD DOS	22	6,34%	58,79%
APAFU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR A FILA C UNIDAD DOS	20	5,76%	62,82%
ACAFDU2	ALIMENTADOR CALENTADOR AIRE FILA D UNIDAD DOS	14	4,03%	66,86%
STCVAU2	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	14	4,03%	70,61%
MSTCVDU2	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL D UNIDAD DOS	13	3,75%	74,35%
SDBU2	SOPLADOR DIFUSOR B UNIDAD DOS	13	3,75%	78,10%
STCVDU2	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA VOLATIL D UNIDAD DOS	13	3,75%	81,27%
APBFU2	ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA F UNIDAD DOS	11	3,17%	84,44%
PECBU2	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO CUERPO B UNIDAD DOS	11	3,17%	87,32%
MSTCVAU2	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	10	2,88%	89,91%
SDAU0	SOPLADOR DIFUSOR A UNIDAD DOS Y TRES	9	2,59%	91,93%
MSDBU2	MOTOR SOPLADOR DIFUSOR B UNIDAD DOS	7	2,02%	93,37%
ISDBU2	INSTRUMENTACION SOPLADOR DIFUSOR B UNIDAD DOS	5	1,44%	94,81%
TBPU2	TOLVAS BANCO PRINCIPAL UNIDAD DOS	5	1,44%	95,39%

CFAPA FAU2	CIRCUITO FLUIDIZACION ALIMENT PRECIPITAD A FILA A UNIDAD DOS	2	0,58 %	95,97%
IAPBFF U2	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA F UNIDAD DOS	2	0,58 %	96,54%
MSDAU 0	MOTOR SOPLADOR DIFUSOR A UNIDAD DOS Y TRES	2	0,58 %	97,12%
VCAPB FGU2	VALVULA CONTROL ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA G UNIDAD DOS	2	0,58 %	97,41%
IAPAFA U2	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITADOR A FIAL A UNIDAD DOS	1	0,29 %	97,69%
IAPBFE U2	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITAD B FILA E UNIDAD DOS	1	0,29 %	97,98%
IAPBFG U2	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITADOR B FILA G UNIDAD DOS	1	0,29 %	98,27%
ISTCVA U2	INSTRUMENTACION SOPLADOR TRANSP CENIZA VOLATIL A UNIDAD DOS	1	0,29 %	98,56%
MNAPA FCU2	MECANISMOS NEUMATICOS ALIMENTADOR PRECIP A FILA C UNIDAD DOS	1	0,29 %	98,85%
MNAPB FFU2	MECANISMOS NEUMATICOS ALIMENTADOR PRECIP B FILA F UNIDAD DOS	1	0,29 %	99,14%
MNAPB FGU2	MECANISMOS NEUMATICOS ALIMENT PRECIPIT B FILA G UNIDAD DOS	1	0,29 %	99,42%
TVMAP AFBU2	TUBE VALVULAS MANUALES ALIMENT PRECIPIT A FILA B UNIDAD DOS	1	0,29 %	99,71%
VCAPB FEU2	VALVULA CONTROL ALIMENT PRECIPITADOR B FILA E UNIDAD DOS	1	0,29 %	100,00 %
VCAPB FFU2	VALVULA CONTROL ALIMENT PRECIPITADOR B FILA F UNIDAD DOS	1	0,29 %	100,00 %
TOTAL ORDENES		347		

Tabla 17. Distribución ordenes de trabajos correctivos por equipos sistema transporte de ceniza volátil unidad 3.

Equipo	Descripción Equipo	No. Ordenes	% Orden	Acumulado %
APFBU3	ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA B UNIDAD TRES	92	24,60%	37,97%
APFCU3	ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA C UNIDAD TRES	50	13,37%	48,40%
DTCVU3	DUCTOS TRANSPORTE CENIZA VOLATIL UNIDAD TRES	39	10,43%	56,42%
APFDU3	ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA D UNIDAD TRES	30	8,02%	64,17%
ACAFAU3	ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA A UNIDAD TRES	29	7,75%	69,52%
ABPFEU3	ALIMENTADOR BANCO PRINCIPAL FILA E UNIDAD TRES	20	5,35%	73,53%
STCCU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	15	4,01%	77,27%
PEU3	PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	14	3,74%	80,48%
STCBU3	SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	12	3,21%	83,42%
SDCU3	SOPLADOR DIFUSOR C UNIDAD TRES	11	2,94%	85,56%
MSDCU3	MOTOR SOPLADOR DIFUSOR C UNIDAD TRES	8	2,14%	87,17%
MSTCBU3	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA B UNIDAD TRES	6	1,60%	88,77%
MSTCCU3	MOTOR SOPLADOR DE TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	6	1,60%	90,11%
IPEU3	INSTRUMENTACION PRECIPITADOR ELECTROSTATICO UNIDAD TRES	5	1,34%	91,44%
TVMAPFBU3	TUB VALVUL MANUALES ALIMENT PRECIPITADOR FILA B UNIDAD TRES	5	1,34%	92,51%
IAPFCU3	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA C UNIDAD TRES	4	1,07%	93,58%
MNAPFCU3	MECANISMOS NEUMATIC ALIMENTAD PRECIPITAD FILA C UNIDAD TRES	4	1,07%	94,39%
CAFAPFCU3	CIRCUITO AIRE FLUIDIZACI ALIMENTAD PRECIP FILA C UNIDAD TRES	3	0,80%	95,19%
ISDCU3	INSTRUMENTACION SOPLADOR DIFUSOR C UNIDAD TRES	3	0,80%	95,72%

IAPFBU 3	INSTRUMENTACION ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA B UNIDAD TRES	2	0,53 %	96,26%
TBPU3	TOLVAS BANCO PRINCIPAL UNIDAD TRES	2	0,53 %	96,79%
VCABP FEU3	VALVULA CONTROL ALIMENT BANCO PRINCIPAL FILA E UNIDAD TRES	2	0,53 %	97,33%
VCAPF CU3	VALVULA CONTROL ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA C UNIDAD TRES	2	0,53 %	97,86%
VCAPF DU3	VALVULA CONTROL ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA D UNIDAD TRES	2	0,53 %	98,13%
CAFAP FBU3	CIRCUITO AIRE FLUIDIZAC ALIMENT PRECIPITA FILA B UNIDAD TRES	1	0,27 %	98,40%
IACAFA U3	INSTRUMENTAC ALIMENTADOR CALENTADOR AIRE FILA A UNIDAD TRES	1	0,27 %	98,66%
ISTCCU 3	INSTRUMENTACION SOPLADOR TRANSPORTE CENIZA C UNIDAD TRES	1	0,27 %	98,93%
MNACA FAU3	MECANISMOS NEUMAT ALIMENT CALENTAD AIRE FILA A UNIDAD TRES	1	0,27 %	99,20%
MNAPF BU3	MECANISMO NEUMATICOS ALIMENTAD PRECIPITAD FILA B UNIDAD TRES	1	0,27 %	99,47%
TVMAC AFAU3	TUB VALVUL MANUALES ALIMENTAD CALENT AIRE FILA A UNIDAD TRES	1	0,27 %	99,73%
TVMSD CU3	TUBERIAS VALVULAS MANUALES SOPLADOR DIFUSOR C UNIDAD TRES	1	0,27 %	100,00 %
VCAPF BU3	VALVULA CONTROL ALIMENTADOR PRECIPITADOR FILA B UNIDAD TRES	1	0,27 %	100,00 %
TOTAL ORDENES		374		

Tabla 18. Programa mantenimiento preventivo equipos precipitador unidad 2

Actividad	Frecuencia Recomendada	Area Encargada	Personal Requerido
Estructura Contenedor con tolvas del Precipitador			
Verificar si existen acumulaciones excesivas de ceniza	Anual	Taller Caldera	2 Auxiliares
Posible corrosión. Verificar ambos conductos de entrada y salida.	Anual	Taller Caldera	2 Auxiliares
Compartimientos del Aislador			
Verificar las condiciones de los Aisladores. En el caso de existir pequeñas fisuras, estas son permitidas, si el Aislador está limpio y la fisura no abrió una grieta.	Anual	Taller Electrico Taller Caldera	1 Electricista 1 Mecánico 1 Auxiliar mecanico
Verificar si los elementos de Calefactores no están dañificados.	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Parrillas de distribución de gases			
Remover las acumulaciones de polvo en la entrada del gas en el Precipitador y de la Parrilla de distribución de gases. En el caso de existir acumulaciones anormales de polvo en la parrilla, se deben examinar las causas.	Anual	Taller Externo	

Sistema de Electrodo de Emisión			
Verificar la distancia entre el Electrodo de Emisión y el Electrodo de Colección (Placas Colectoras). Los Electrodo de Emisión, deben ser centrados simétricamente, con relación a los Electrodo de Colección. Tolerancia normal + 10 mm.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico
En el caso de existir acumulaciones de polvo anormales en la Parrilla, verificar las causas probables. Caso existan Electrodo de Emisión sueltos, removerlos y substituirlos.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si los Aisladores de los ejes de los Golpeadores del sistema de Emisión no están damnificados.	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Verificar si el accionamiento y la transmisión hasta el eje de los martillos rotativos, operan normalmente.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si todos los martillos operan normalmente y que no existe una tendencia a quedar trabados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares

Sistema de Electrodo de Colección			
En el caso de existir acumulaciones anormales de polvo en los Electrodo de Colección (placas colectoras), verificar las causas probables. Verificar si el respectivo Motor del Golpeador y el Reductor, están acoplados correctamente.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si todos los Martillos rotativos operan normalmente y no tienden a quedar trabados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si los Martillos rotativos golpean en el medio de las yunques y que no hayan fisuras.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si los yunques no están damnificados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Transformadores rectificadores			
Verificar el Nivel del aceite del Rectificador una vez al Mes	Mensual	Taller Electrico	1 Electricista
Realizar pruebas electricas	Anual	Taller Externo	
Revisar y corregir fugas de aceite	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Realizar analisis cromatografico de aceite	6 Meses	Taller Externo	
Limpiar exteriormente toda la unidad incluyendo filtros	Anual	Taller Electrico	1 Electricista 2 Auxiliares

Accionamiento martillos golpeadores descarga y colecta			
Verificacion lubricacion	Mensual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Cambio de aceite	2000hrs/3 años	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Golpeadores de descarga y colecta			
Verificacion lubricacion	Mensual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Cambio de aceite	10000 hrs/3 años	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Bujes ejes golpeadores			
Verificacion Estado	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Sensores de nivel tolvas			
Inspeccionar estado realizar prueas de funcionamiento	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista 1 Auxiliar
Transmisores de Temperatura entrada y salida de gases			
Inspeccionar estado realizar prueas de funcionamiento	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista 1 Auxiliar

Tabla 19. Programa mantenimiento preventivo equipos planta SO3

Tag	Componente/Actividad	Frecuencia	Area encargada	Personal requerido	Repuestos requeridos
BA20101	COMPRESOR DE AIRE (SO3) UNIDADES UNO Y TRES				
	Cambiar elementos filtro aceite	1000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 1 Auxiliar	Elemento filtrante ref P/N F7899
	Cambio de elemento filtro de aire	1000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 1 Auxiliar	Elemento filtrante ref P/N H7897
	Cambio de aceite	4000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	Aceite sintetico quincy endura
	Limpiar valvula piloto	4000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Cambiar elementos tanque separador	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Cambio de aceite y filtros de aceite	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	Aceite sintetico quincy endura
	Inspeccionar valvula de purga y silenciador	8000 hrs	Taller Instrumentos	1 Instrumentista	
	Remover e inspeccionar acople	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Probar valvula de alivio tanque	8000 hrs	Taller Externo		

	Inspeccionar drenajes y enfriador de aire	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Revisar pernos de anclaje separador	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Motor compresor				
	Engrasar rodamientos	8000 hrs	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Cambio rodamientos	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Realizar mantenimiento general. Limpieza y verificación aislamiento	Anual	Taller electrico	1 Electricista 2 Auxiliares	
CP10203	BOMBA DE AGUA ALIMENTACION N° 1 (SO3) UNIDADES UNO TRES				
	Limpieza strainer	6 meses	Taller Turbina	1 Mecanico	
	Lubricacion	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico	
CP10204	BOMBA DE AGUA ALIMENTACION N° 2 (SO3) UNIDADES UNO TRES				
	Limpieza strainer	6 meses	Taller Turbina	1 Mecanico	
	Lubricacion	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico	
PA10201	BOMBA DE AZUFRE N° 1 (SO3) UNIDADES UNO TRES				
	Engrasar rodamientos	6 meses	Taller Turbina	1 Mecanico	
	Realizar mantenimiento general A Motor electrico. Limpieza y verificación aislamiento. Revision rodamientos	6 meses	Taller electrico	1 Electricista 2 Auxiliares	
	Cambio empaques tuberia de conexión descarga	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 1 Auxiliar	Lamina teflón 1/16"

PA10202	BOMBA DE AZUFRE N° 2 (SO3) UNIDADES UNO TRES				
	Engrasar rodamientos	6 meses	Taller Turbina	1 Mecanico	
	Realizar mantenimiento general A Motor electrico. Limpieza y verificación aislamiento. Revisión rodamientos	6 meses	Taller electrico	1 Electricista 2 Auxiliares	
	Cambio empaques tubería de conexión descarga	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 1 Auxiliar	Lamina teflón 1/16"
P30401	TANQUE DE AGUA ALIMENTACION GENERADOR DE VAPOR PLANTA (SO3) UNIDADES UNO Y TRES				
	Realizar limpieza	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Inspecciona interruptores de nivel	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista	
0-SP10302	CUARTO DE MAQUINAS PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Realizar limpieza	Semanal	Servicios generales	3 Cleaner	
50OP1V10	ENFRIADOR SO2 PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Realizar limpieza	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 2 Auxiliar	
CMAPLSO3U0	CALDERA VAPOR PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Verificar elementos calefactores	Anual	Taller electrico	1 Electricista 1 Auxiliares	
	Verificar interruptores de presión	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista	

SP20301	SECADOR DE AIRE PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Cambio desecante	3 años	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	Alumina activada 1/8"
	Cambiar silenciadores de purga	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
	Cambiar elemento filtrantes	Anual	Taller Turbina	1 Mecanico 2 Auxiliar	
SP30701	CALENTADOR AIRE DE PROCESO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Medir resistencia entre fases y tierra	Anual	Taller electrico	1 Electricista	
VE30101	QUEMADOR DE AZUFRE PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Inspeccion y cambio empaques valvula dosificadora azufre	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliar	Lamina teflón 1/16"
VE30301	CONVERTIDOR CATALITICO PLANTA SO3 UNIDADES UNO Y TRES				
	Cambiar catalizador	3 años	Taller Externo	Supervisor fabricante	
2-SP25001	CALENTADOR DE AIRE DILUCION PLANTA SO3 HACIA UNIDAD III				
	Medir resistencia entre fases y tierra	Anual	Taller electrico	1 Electricista	
1-SP30001	INYECTORES PLANTA SO3 HACIA ESP UNIDAD III				
	Revisar corrosion y taponamiento	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 2 Auxiliar	

Tabla 20. Programa mantenimiento preventivo precipitador electrostático unidad 3

Componente/Actividad	Frecuencia Recomendada	Area Encargada	Personal Requerido
Estructura Contenedor con tolvas del Precipitador			
Verificar si existen acumulaciones excesivas de ceniza	Anual	Taller Caldera	2 Auxiliares
Posible corrosión. Verificar ambos conductos de entrada y salida.	Anual	Taller Caldera	2 Auxiliares
Compartimientos del Aislador			
Verificar las condiciones de los Aisladores. En el caso de existir pequeñas fisuras, estas son permitidas, si el Aislador está limpio y la fisura no abrió una grieta.	Anual	Taller Electrico Taller Caldera	1 Electricista 1 Mecánico 1 Auxiliar mecanico
Verificar si los elementos de Calefactores no están damnificados.	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Parrillas de distribución de gases			

<p>Remover las acumulaciones de polvo en la entrada del gas en el Precipitador y de la Parrilla de distribución de gases. En el caso de existir acumulaciones anormales de polvo en la parrilla, se deben examinar las causas.</p>	<p>Anual</p>	<p>Taller Externo</p>	
<p>Sistema de Electrodo de Emisión</p>			
<p>Verificar la distancia entre el Electrodo de Emisión y el Electrodo de Colección (Placas Colectoras). Los Electrodo de Emisión, deben ser centrados simétricamente, con relación a los Electrodo de Colección. Tolerancia normal + 10 mm.</p>	<p>Anual</p>	<p>Taller Caldera</p>	<p>1 Mecanico</p>
<p>En el caso de existir acumulaciones de polvo anormales en la Parrilla, verificar las causas probables. Caso existan Electrodo de Emisión sueltos, removerlos y substituirlos.</p>	<p>Anual</p>	<p>Taller Caldera</p>	<p>1 Mecanico 1 Auxiliares</p>
<p>Verificar si los Aisladores de los ejes de los Golpeadores del sistema de Emisión no están damnificados.</p>	<p>Anual</p>	<p>Taller Electrico</p>	<p>1 Electricista</p>

Verificar si el accionamiento y la transmisión hasta el eje de los martillos rotativos, operan normalmente.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si todos los martillos operan normalmente y que no existe una tendencia a quedar trabados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Sistema de Electrodo de Colección			
En el caso de existir acumulaciones anormales de polvo en los Electrodo de Colección (placas colectoras), verificar las causas probables. Verificar si el respectivo Motor del Golpeador y el Reductor, están acoplados correctamente.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si todos los Martillos rotativos operan normalmente y no tienden a quedar trabados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si los Martillos rotativos golpean en el medio de las yunques y que no hayan fisuras.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar si los yunques no están damnificados.	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Rectificador de Alta Tensión			

Verificar el Nivel del aceite del Rectificador una vez al Mes	Mensual	Taller Electrico	1 Electricista
SIR 4			
Ajustar la hora del reloj	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Revisar y corregir fugas de aceite	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Revisar nivel de líquido refrigerante	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Limpiar exteriormente toda la unidad incluyendo filtros	Anual	Taller Electrico	1 Electricista 2 Auxiliares
Ventilador sistema air flushing			
Lubricacion cojinetes con shell alvania	1000 horas	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Limpieza	Semanal	Taller Caldera	2 Auxiliares
Inspeccion de paletas	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar balanceo del motor electrico	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Verificar alineamiento	Anual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Cambio filtros admision aire	Mensual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Motor ventilador sistema air flushing			
Limpieza, reapriete y mediciones electricas	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Banco resistencias Air flushing			
Inspeccion visual	Mensual	Taller Electrico	1 Electricista

Medir resistencia	Anual	Taller Electrico	1 Electricista
Accionamiento martillos golpeadores descarga y colecta			
Verificacion lubricacion	Mensual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Cambio de aceite	2000hrs/3 años	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Golpeadores de descarga y colecta			
Verificacion lubricacion	Mensual	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Cambio de aceite	10000 hrs/3 años	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Bujes ejes golpeadores			
Verificacion lubricacion	6 Meses	Taller Caldera	1 Mecanico 1 Auxiliares
Sensores de nivel tolvas			
Inspeccionar estado realizar pruebas de funcionamiento	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista 1 Auxiliar
Transmisores de Temperatura entrada y salida de gases			
Inspeccionar estado realizar pruebas de funcionamiento	Anual	Taller Instrumentos	1 Instrumentista 1 Auxiliar

Tabla 21. Programa mantenimiento preventivo sistema de transporte de ceniza volátil unidades 2 y 3

Tag	Actividad	Frecuencia Recomendada	Area Encargada	Personal Requerido
STCVAU2 STCVDU2 STCBU3 STCCU3	Sopladores de Transporte			
	Verificar Tensión en Correas de transmision	3 Meses	Taller Caldera	1 Mecánico 1 Auxiliar
	Verificar Lubricación	3 Meses	Taller Caldera	1 Mecánico 1 Auxiliar
	Mantenimiento general (limpieza, verificación lobulos, ajuste del timing, cambio rodamientos y retenedores, cambio emapques)	2 Años	Taller Externo	
	Limpieza Filtros succion	Mensual	Taller Caldera	1 Mecánico 1 Auxiliar
MSTCVAU2 MSTCVDU2 MSTCBU3 MSTCCU3	Motor sopladores de transporte			
	Pruebas electricas	6 Meses	Taller Externo	
	Cambio de Rodamientos	6 Meses	Taller Caldera	1 Mecánico 1 Auxiliar
	Mantenimiento general (limpieza, medicion aislamiento)	6 Meses	Taller Electrico	1 Electricista 1 Auxiliar
1FA1 1FA2 2FB1 2FB2 3FB1	Alimentadores de ceniza campo 1 precipitadores			
	Inspección y mantenimiento valvulas cargue y descargue y linea de igualación - presurizacion	3 meses	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar

3FB2 3FB3	Inspeccion a cilindros neumaticos y valvulas solenoides	3 meses	Taller Instrumentos	2 Instrumentistas 2 Auxiliares
Alimentadores de ceniza campos 2, 3 precipitadores y filas calentador de aire				
	Inspección y mantenimiento valvulas cargue y descargue y linea de igualación - presurizacion	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
2FA1 2FA2 1FB1 1FB2 1FC1 1FC2 2FC1 2FC2 2FD1 2FD2 3FA1 3FA2 3FC1 3FC2 3FC3 3FD1 3FD2 3FD3	Inspeccion a cilindros neumaticos y valvulas solenoides	Anual	Taller Instrumentos	2 Instrumentistas 2 Auxiliares

Todos	Valvulas Manuales Alimentadores			
	Verificar asientos	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
	Cambio empaques - Reparacion fugas	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
2AGA 1AGA 1AGB 1AGC AG-1 2AGB 2AGC 2AGD AG-2 3AGA 3AGB 3AGC 3AGD	Valvulas Linea Transporte Ceniza			
	Verificar asientos	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
	Cambio empaques - Reparacion fugas	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
	Inspeccion a cilindros neumaticos y valvulas solenoides	Anual	Taller Instrumentos	2 Instrumentistas 2 Auxiliares
AGA3 AGA1 AGA2 AGA4 AGA5 AGA6	Valvulas Linea Aire Auxiliar			
	Verificar asientos	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar
	Cambio empaques - Reparacion fugas	Anual	Taller Caldera	2 Mecánico 2 Auxiliar

AGA7 AGA8	Inspeccion a cilindros neumaticos y valvulas solenoides	Anual	Taller Instrumentos	2 Instrumentistas 2 Auxiliares
--------------	--	-------	---------------------	-----------------------------------