

ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE CLINKERIZACIÓN DE
CEMENTO PATRIOTA SOGAMOSO

DIEGO LEONARDO SIERRA
OSCAR MAURICIO GÓMEZ VALDERRAMA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019

ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE CLINKERIZACIÓN DE
CEMENTO PATRIOTA SOGAMOSO

DIEGO LEONARDO SIERRA
OSCAR MAURICIO GÓMEZ VALDERRAMA

Monografía para optar al título de Especialista En Gerencia De Mantenimiento

DIRECTOR
MANUEL JULIAN BARRERA AMOROCHO
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019

A mi esposa por su apoyo y amor incondicional.

A mi familia por su constante motivación.

A Dios por permitirme seguir preparándome profesionalmente.

Diego Sierra

A mi novia por su apoyo y amor incondicional.

A mi familia por su constante motivación.

A Dios por permitirme seguir preparándome profesionalmente.

Oscar Gómez

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar gracias a todas las personas que durante este tiempo nos brindaron su apoyo, motivación y confianza.

A Dios por la sabiduría y fortaleza para seguir adelante.

A nuestras familias por ser ese motor que nos impulsa a querer ser cada día mejores personas y profesionales.

A la empresa PROCEMCOL S.A.S por abrirnos sus puertas y permitirnos aportar a su desarrollo y crecimiento con esta propuesta de mantenimiento.

A los diferentes docentes que cada 15 días nos dieron lo mejor de su experiencia y conocimiento.

A cada uno de mis compañeros de estudio, por ser un grupo alegre, respetuoso y participativo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. CEMENTOS PATRIOTA.....	17
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	17
1.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	17
1.3 ESTRUCTURACIÓN ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.....	18
1.3.1 Organigrama	18
1.3.2 Misión	19
1.3.3 Visión	19
1.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA EMPRESA.....	19
1.5 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION	20
1.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO	27
1.6.1 Objetivo general.....	27
1.6.2 Objetivos específicos	27
1.7 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	28
2. MARCO TEÓRICO	29
2.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	30
2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	30
2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO	32
2.3.1 Mantenimiento correctivo	33
2.3.2 Mantenimiento preventivo	33
2.3.3 Mantenimiento predictivo	35
2.3.4 Mantenimiento autónomo.....	36
3. PLAN DE MANTENIMIENTO ANTERIOR.....	38
3.1 REPARACIÓN RULO LLANTA 2. (TRES DÍAS DOS MECÁNICOS)	38
3.2 REPARACIÓN VIROLA CHAPA HORNO. (36 horas Dos soldadores dos ayudantes).....	41
4. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	46
4.1. ÁREA TRITURACIÓN.....	46

4.2 ÁREA MOLIENDA DE CRUDO	49
4.3 ÁREA CLINKERIZACIÓN	52
4.3 ÁREA CARBÓN	59
4.5 ÁREA CEMENTO	62
5. CRITICIDAD	68
6. DOCUMENTACION PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	73
6.1 HOJA DE VIDA, FICHA TÉCNICA Y FORMATOS DE INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS	74
7. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	78
7.1 CONTENIDO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	78
7.1.1 OBJETIVO.....	78
7.1.2 ALCANCE	78
7.1.3 RESPONSABILIDADES.....	78
7.1.4 INTRODUCCIÓN.....	81
7.1.5 DEFINICIONES	81
7.1.6 DOCUMENTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	82
7.1.7 INSTRUCTIVO PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	85
7.1.8 DIAGRAMA DE FLUJO/ PLAN DE MANTENIMIENTO PROCEMCOL SAS	89
7.1.9 ESTRUCTURA Y ROLES DE MANTENIMIENTO	90
8. COSTOS DEL MANTENIMIENTO ANTERIOR VS EL ACTUAL	92
8.1 COMPORTAMIENTO PRODUCCIÓN DE CLINKER VS COSTOS DE PRODUCCIÓN	92
8.2 COMPORTAMIENTO PRODUCCIÓN DE CEMENTO VS COSTOS DE PRODUCCIÓN	93
9. CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFIA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS.....	101

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Procemcol S.A.S	18
Figura 2. Mapa de procesos.....	18
Figura 3.Flowsheet Clinker.	26
Figura 4. Rodamiento 23132 cónico.	39
Figura 5.Rulo secador.	40
Figura 6.Reparación del rulo.	40
Figura 7.Daño chapa horno.	42
Figura 8.Área afectada.	42
Figura 9.Topes llanta 3.....	43
Figura 10.Área reparación.	43
Figura 11.Lamina ASTM A 516.....	44
Figura 12.Montaje lámina.	44
Figura 13.Fondeo.	45
Figura 14.Soldadura arco sumergido.....	45
Figura 15.Distribución refractario.....	46
Figura 16.Flowsheet área trituración.....	47
Figura 17.Flowsheet molienda de crudo.	49
Figura 18.Flowsheet área cemento.	62
Figura 19.Formato HV y ficha técnica.....	75
Figura 20.Formato de inspección de crudo, parte 1.....	76
Figura 21. Formato de inspección de crudo, parte 2.....	77
Figura 22.Producción de Clinker vs Costos de producción.....	93
Figura 23.Producción de cemento vs Costos de producción.....	94
Figura 24.Ítems del costo.....	94
Figura 25.Productividad Ton clinker /hombre.....	96
Figura 26.Porcentajes de costos de clinker.	97
Figura 27.Porcentajes de costos de producción de cemento.	97

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Procedimiento para la fabricación del Clinker.....	22
Tabla 2. Codificación área trituración.	47
Tabla 3.Codificación equipos molienda de crudo.	49
Tabla 4.Flowsheet área Clinker.	52
Tabla 5.Flowsheet área carbón.	59
Tabla 6.Codificación equipos molienda de carbón.	60
Tabla 7.Codificación equipos área molienda.	63
Tabla 8.Factores ponderados.	69
Tabla 9. Equipos críticos.	70
Tabla 10.Equipos medianamente críticos.	70
Tabla 11.Equipos no críticos.	70

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Orden de trabajo.	102
Anexo B. Cronograma torre y horno	103
Anexo C. Datos motores	104
Anexo D. Ficha técnica horno.	105
Anexo E. Flowsheet clinkerización.	107
Anexo F. Flowsheet de molienda de carbón.	108
Anexo G. Flowsheet molienda de cemento.	109
Anexo H. Flowsheet molienda de crudo.	110
Anexo I. Flowsheet trituración materias primas.	111
Anexo J. Layout de la planta.	112
Anexo K. Rutinas de inspección, área horno.	113
Anexo L. Rutina de lubricación, zona horno.	115
Anexo M. Solicitud de mantenimiento.	117
Anexo N. Rutina de inspección diaria, equipos críticos.	118
Anexo O. Reporte de fallas.	119
Anexo P. Orden de trabajo.	120

RESUMEN

TITULO: ESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE CLINKERIZACIÓN DE CEMENTO PATRIOTA SOGAMOSO**

AUTORES: OSCAR MAURICIO GÓMEZ VALDERRAMA, DIEGO LEONARDO SIERRA**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO, CLINKERIZACIÓN, CEMENTO, CRITICIDAD, INDICADORES DE MANTENIMIENTO, FORMATOS DE MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN: El impacto económico es el principal motivo para establecer estrategias que aumenten el tiempo de disponibilidad de la planta, se debe garantizar una disponibilidad del 95% de la planta para llegar al costo de fabricación adecuado, las paradas en un horno de cemento son muy costosas por los tiempos de enfriamiento y calentamiento, para llegar a un buen costo de producción se requiere mantener operativo el horno por más de 8 meses continuos.

El horno rotatorio es un equipo muy crítico por las temperaturas de operación, las cuales ascienden a 1400°C en la zona de clinkerización y en la virola o chapa a 400°C, esto hace que sea muy riesgosa una parada por más de 15 minutos, el horno se puede deformar y dañar el refractario.

Cuando se presentan problemas de mantenimiento es necesario iniciar la curva de enfriamiento la cual dura 24 horas, realizar el trabajo y nuevamente calentar el horno (duración 36 horas) por esto es tan costoso una parada no programada.

Actualmente se realizan mantenimientos correctivos, y no se cuenta con un almacén de repuestos de stock, por lo que los tiempos de reparación son aún más largos.

En la actualidad la automatización y control de plantas es tan elevado que se requiere de muy poco personal que intervenga directamente en la operación lo que reduce costos de producción, además las grandes empresas de la región por el volumen de producción que manejan hacen que las pequeñas como cemento patriota no logren alcanzar estos números, por ello no se puede permitir sobrecostos en paradas de mantenimiento no programadas.

El presente trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a aumentar los tiempos de disponibilidad de planta, y establecer métodos que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse en estos equipos.

** Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Manuel Julian Barrera Amorocho, Especialista en Gerencia De Mantenimiento

ABSTRACT

TITLE: STRUCTURING AND IMPLEMENTATION OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM FOR THE PATRIOTA SOGAMOSO CEMENT PLANT CLINKERIZATION PLANT*

AUTHOR: OSCAR MAURICIO GÓMEZ VALDERRAMA, DIEGO LEONARDO SIERRA^{†**}

KEY WORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, CORRECTIVE MAINTENANCE, CLINKERIZATION, CEMENT, CRITICITY, MAINTENANCE INDICATORS, MAINTENANCE FORMATS.

DESCRIPTION: The economic impact is the main reason to establish strategies that increase the time of availability of the plant, you must specify an availability of 95% of the plant to reach the appropriate manufacturing cost, the stops in a cement kiln are very expensive for The cooling and heating times, in order to reach a good production cost, it is required to maintain the operation of the oven for more than 8 continuous months.

The rotary kiln is a very critical equipment due to the operating temperatures, which amount to 1400 ° C in the clinker zone and in the ferrule or sheet at 400 ° C, this makes a stop for more than 15 years very risky sea minutes the oven can deform and damage the refractory.

When maintenance problems arise, it is necessary to start the synchronization curve, the quality lasts 24 hours, perform the work and reheat the oven (duration 36 hours), which is why an unscheduled shutdown is so expensive.

Currently, corrective maintenance is performed, and there is no stock warehouse, so repair times are even longer.

At present, the automation and control of plants is so high that very little personnel is required that directly intervenes in the operation, which reduces production costs, in addition to the large companies in the region due to the volume of production they handle, which means that Small ones such as patriotic cement fail to reach these numbers, so you cannot allow cost overruns at unscheduled maintenance stops.

The present work intends to establish a maintenance model that is voluntary to increase the availability times plant, and establish the methods that can act in a preventive manner in the event of possible failures that may occur in these equipment.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Manuel Julian Barrera Amorocho, Especialista en Gerencia De Mantenimiento

INTRODUCCIÓN

En los últimos años gracias al impulso de las grandes obras de infraestructura del país se ha aumentado el consumo de insumos para la construcción. Es por eso que la actualidad las plantas de concreto han adquirido una gran importancia con el fin de suplir la demanda local bajo los más altos estándares de calidad para que las grandes y pequeñas industrias puedan seguir compitiendo.

En la actualidad la competencia no se mide por el tamaño de la empresa sino por lo eficiente que se hacen los procesos productivos para reducir los costos de operación y aumentar las utilidades. Para cumplir con esta meta es fundamental la correcta implementación, programación y ejecución del plan de mantenimiento.

Para cumplir con los diferentes objetivos de la organización es fundamental que las diferentes áreas trabajen en total sinergia contando con personal capacitado y que cuente con la experiencia adecuada para lograr el óptimo funcionamiento de la planta, contribuyendo a que esta resalte en el sector por su calidad y cumplimiento.

El adecuado desarrollo de lo anterior genera una retroalimentación permanente entre las diferentes áreas, lo que facilita el manejo y gestión de los diferentes indicadores que se reflejan en un aumento de la producción, reducción de los costos y aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, logrando así ser más competitivo con las grandes empresas de la industria cementera del país.

Por tal motivo se hace fundamental para Cementos Patriota adoptar una correcta gestión del mantenimiento que ayude a la preservación y buen uso de los activos fundamentales para la continuidad del negocio.

1. CEMENTOS PATRIOTA

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

PROCENCOL S.A.S es una empresa orgullosamente Boyacense que fabrica cemento de uso general, cuenta con proceso de producción de Clinker a partir de materias primas de la región, el proceso de calentamiento del horno se inició el día 18 de mayo de 2016 y nueve días después el 27 de mayo se logró obtener por primera vez Clinker en la planta. El 18 de agosto de 2016 se produce el primer bulto de **CEMENTO PATRIOTA**. En la actualidad se producen 3000 toneladas de cemento al mes que son comercializadas principalmente en Boyacá y Bogotá.

1.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

La planta productiva de Cementos Patriota se encuentra ubicada al norte de Sogamoso-Boyacá.

Figura 1. Planta de cemento Patriota-Sogamoso Boyacá.

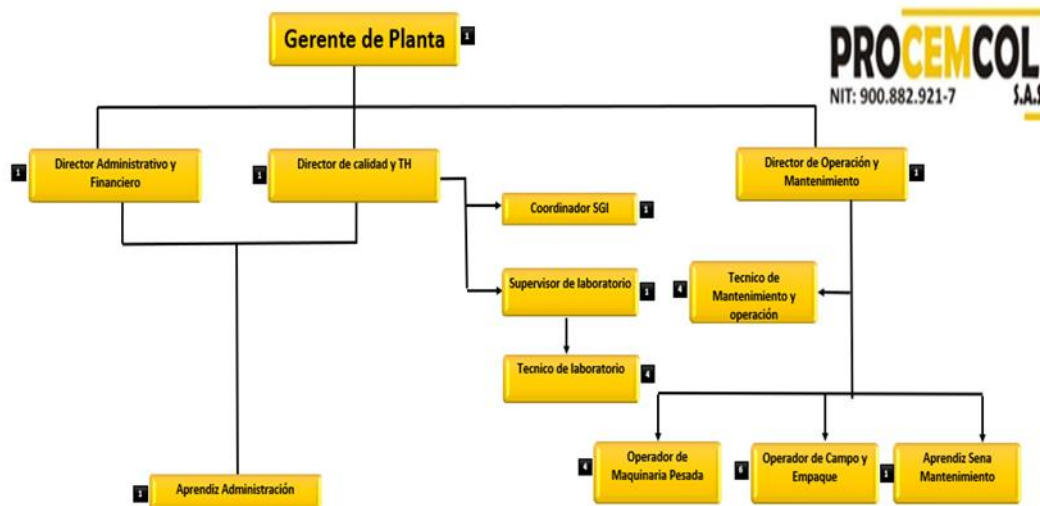


1.3 ESTRUCTURACIÓN ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

A continuación, se presenta la estructura organizacional de la empresa.

1.3.1 Organigrama.

Figura 1. Organigrama Procemcol S.A.S



Fuente: Procemcol S.A.S

Figura 2. Mapa de procesos.



Fuente: Procemcol S.A.S

1.3.2 Misión. Somos una empresa Boyacense dedicada a la producción y comercialización de cemento para la industria de la construcción colombiana cumpliendo con estándares de calidad. En PROCEMCOL S.A.S estamos comprometidos con el desarrollo empresarial, bienestar de la región, cuidado del medio ambiente y crecimiento de nuestros aliados.

1.3.3 Visión. En el año 2024, queremos ser reconocidos por los Colombianos como una empresa innovadora, incluyente, con una estructura organizacional dinámica, con gran calidad humana y profesional y un amplio portafolio de productos que satisfagan las necesidades de la industria de la construcción en Colombia, la comunidad y los accionistas generando recursos que nos permitan el continuo crecimiento empresarial en el sector de la construcción, fundamentados en el trabajo en equipo y el mejoramiento Continuo.

1.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA EMPRESA

Cemento patriota es una planta dedicada al procesamiento de minerales para la producción de cemento de uso general según norma NTC-121, con una capacidad nominal de 70 toneladas día de Clinker y 240 de cemento. Los procesos involucrados en la fabricación de Clinker son: trituración con capacidad 360ton/día, molienda de crudo con 144 ton/día y una capacidad de almacenamiento en silo de 40ton, molienda de carbón 72ton/día con un consumo máximo al horno de 19 ton/día, clinkerización 70ton/día. La producción de Clinker cuenta con un total de 80 equipos motorizados y paradas programadas del horno cada año. Las ventas actuales son de 2600 toneladas mensuales de cemento de uso general.

El 40% de los equipos son críticos y requieren de un mantenimiento oportuno para garantizar la disponibilidad del mismo, el cuello de botella es el horno rotatorio, su operación debe ser continua y no se puede detener ya que ocasionaría problemas en la estructura del equipo, los procesos que ocurren en el interior del horno son la descarbonatación y clinkerización de la harina para convertirse en Clinker, este

equipo opera las 24 horas del día por 11 meses, las paradas por mantenimiento no programadas son pérdidas muy altas para la compañía.

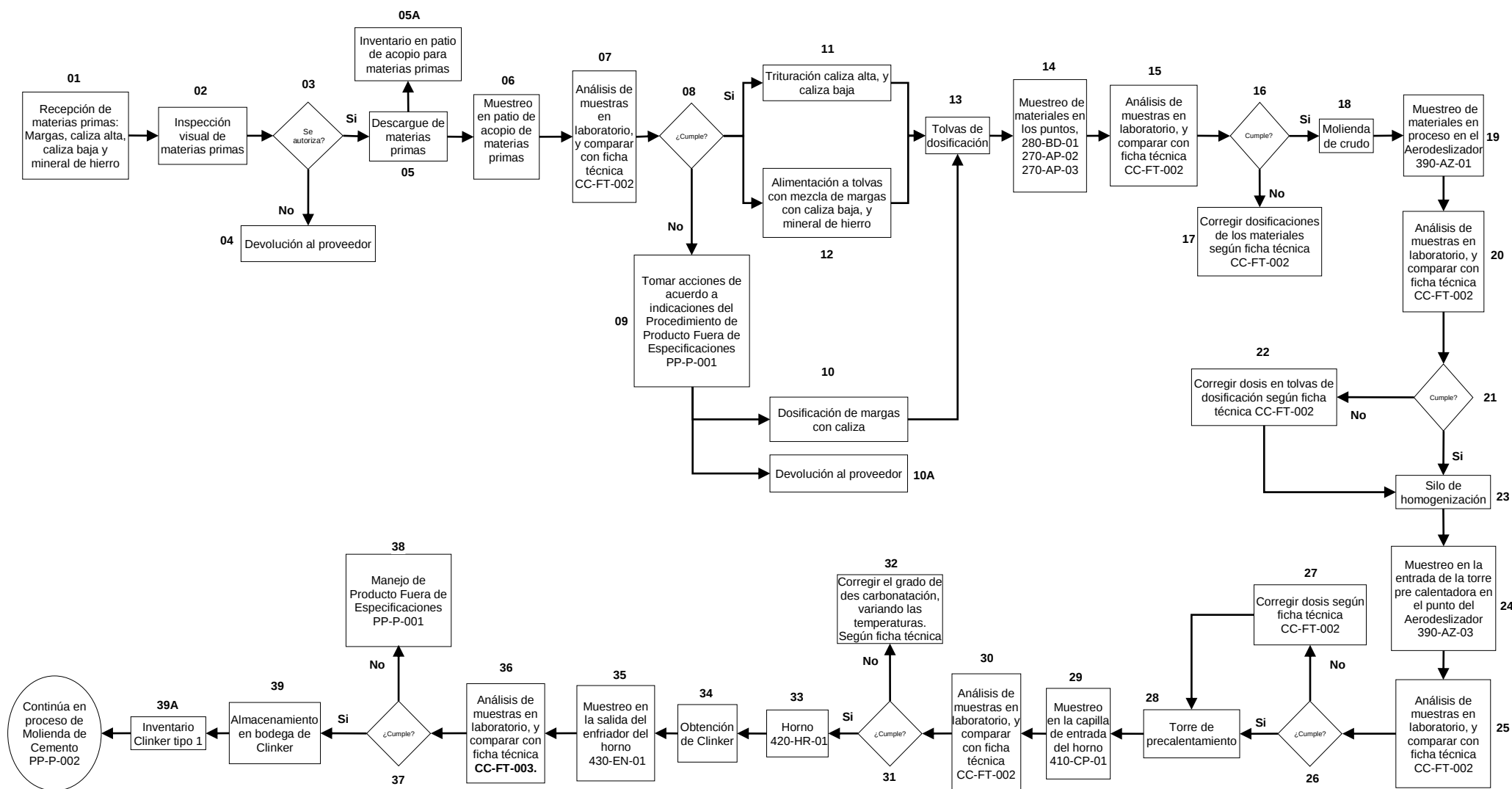
El horno rotatorio cuenta con una torre de precalentamiento de 4 etapas, un sello de entrada y de salida para evitar el ingreso de aire falso al proceso, tres llantas cada una con dos rulos (apoyos) donde el horno gira, una corona con piñón de ataque, un reductor principal y uno auxiliar para protección del equipo, un enfriador de parrillas deslizantes para disminuir la temperatura del producto, estos equipos operan en línea y el daño en alguno de ellos o de sus equipos asociados detiene la producción por lo que se debe iniciar el proceso de enfriamiento del equipo el cual ocasiona una parada de más de 72 horas.

Lo anterior genera costos muy elevados de mantenimiento y prolonga los tiempos de parada del equipo.

En la actualidad la planta no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, ocasionando paradas frecuentes no programadas en planta, haciéndola poco competitiva con el precio del producto.

Dentro de este contexto se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo, con el cual se garantice la disponibilidad de operación del horno y se asegure el costo de producción.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN



Las siguientes son las actividades que se deben desarrollar para el estricto cumplimiento de todos los procedimientos involucrados tanto en el proceso de producción de Clinker, como en la inspección y seguimiento de las materias primas involucradas en el proceso.

Tabla 1. Procedimiento para la fabricación del Clinker.

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
01.	RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS MARGAS, CALIZA ALTA, CALIZA BAJA Y MINERAL DE HIERRO	La recepción del material se hace en la portería N°1 de la planta de cementos PROCENCO S.A.S
02.	INSPECCIÓN VISUAL DE MATERIAS PRIMAS	Todos los viajes de materias primas que ingresan a la planta se les realizan una inspección visual para determinar las condiciones de las mismas.
03.	¿SE AUTORIZA?	Se plantean dos decisiones: Si: si cumple con las especificaciones físicas entonces la materia prima es recibida y seguiría al paso 05. DESCARGUE DE MATERIAS PRIMAS. No: si no cumple con las especificaciones físicas el material se devuelve al proveedor, pasó 04 DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR.
04.	DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR	Se devuelve el material al proveedor las materias primas que no cumplen con los parámetros de inspección visual.
05.	DESCARGUE DE MATERIAS PRIMAS	La materia prima recibida es descargada en el patio de materias primas.
05A.	INVENTARIO EN PATIO DE ACOPIO DE MATERIAS PRIMAS	Se registra, el ingreso de materias primas, en el sistema UNOEE.
06.	MUESTREO EN PATIO DE ACOPIO DE MATERIAS PRIMAS	Se realizan pilas para homogenización de materiales, Se toma el muestreo del material. El muestreo se realiza de acuerdo a los intervalos establecidos en el Plan de Inspección y ensayo
07.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO Y COMPARAR CON FICHA TECNICA	Se realizan análisis físicos y químicos a las muestras para determinar la calidad, cumpliendo con los criterios establecidos en el plan de inspección y ensayo.
08.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas: Si: si cumple con las especificaciones de la ficha técnica sigue al paso 11. TRITURACIÓN CALIZA ALTA Y CALIZA BAJA y al paso 12. ALIMENTACIÓN A TOLVAS CON MEZCLA DE MARGAS, CON CALIZA BAJA, Y MINERAL DE HIERRO. No: Si no cumple con las especificaciones sigue al paso 9. TOMAR ACCIONES DE ACUERDO A INDICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES

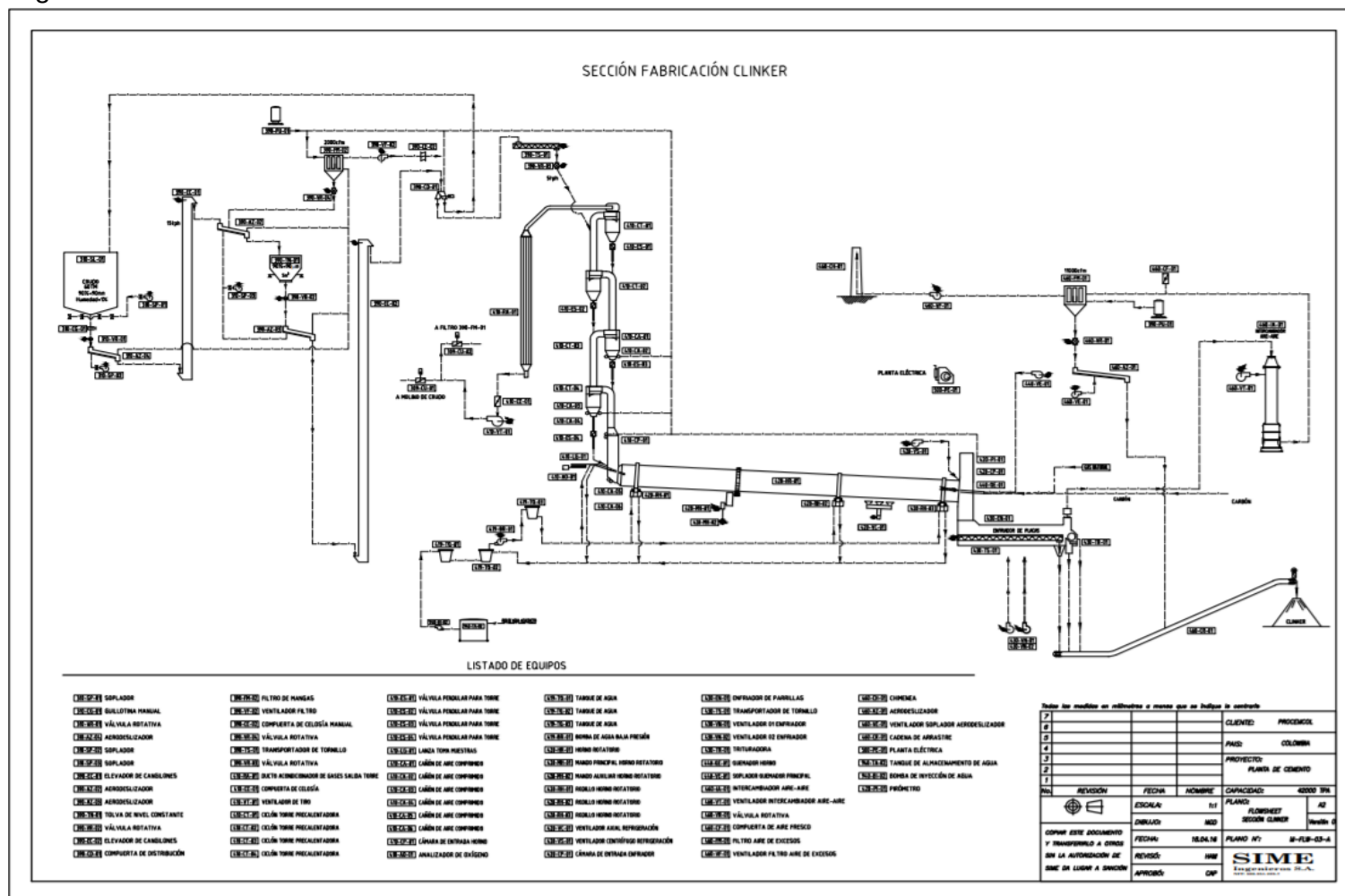
N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
09.	TOMAR ACCIONES DE ACUERDO A INDICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES PP-P-001	Según los resultados de los análisis se toma una de las acciones establecidas en los pasos 10. DOSIFICACIÓN DE MARGAS CON CALIZA , o 10A. DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR .
10.	DOSIFICACIÓN DE MARGAS CON CALIZA.	Se tomarán las acciones establecidas en el procedimiento de producto fuera de especificaciones y continuara su curso al paso 13. TOLVAS DE DOSIFICACIÓN .
10A.	DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR.	Según los resultados de la ficha técnica se devuelve a los proveedores. Y se toman acciones de acuerdo a indicaciones del procedimiento de producto fuera de especificaciones.
11.	TRITURACIÓN CALIZA ALTA Y CALIZA BAJA	Para el caso de la Caliza alta y baja el material es triturado si el tamaño del mismo se encuentra entre 1" a 2"
12.	ALIMENTACIÓN A TOLVAS CON, MEZCLA DE MARGAS CON CALIZA BAJA, Y MINERAL DE HIERRO.	En este punto se adicionan las materias primas que no requieren trituración, las cuales pasan directamente al paso 13 TOLVAS DE DOSIFICACIÓN .
13.	TOLVAS DE DOSIFICACIÓN.	En esta etapa el material que requirió trituración, y el no triturado es alimentado por medio de cargadores a las tolvas de dosificación en las cuales el material ingresa con un tamaño aproximado de 0 a 1"
14.	MUESTREO DE MATERIALES EN LOS PUNTOS, 270-AP-01; 270-AP-02; 270-AP-03.	Se realizan tomas de muestras en las tovas dosificadoras 280-BD-01 que corresponde a Mineral de Hierro, 270-AP-02 para Caliza, y 270-AP-03 para Margas.
15.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO, Y COMPARAR CON FICHA TÉCNICA CC-FT-002.	Se realiza otro análisis en el laboratorio para determinar si las dosis de materias primas, son las adecuadas.
16.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas. Si: si cumple con las especificaciones de la ficha técnica sigue al paso 18 MOLIENTA DE CRUDO . No: si no cumple con las especificaciones de la ficha técnica sigue al paso 17. CORREGIR DOSIFICACIONES DE LOS MATERIALES SEGÚN FICHA TÉCNICA
17.	CORREGIR DOSIFICACIONES DE LOS MATERIALES SEGÚN FICHA TÉCNICA	Seguir los parámetros de la ficha técnica para materias primas
18.	MOLIENDA DE CRUDO	Una vez dosificadas las materias primas, (margas, mineral de hierro, caliza alta y caliza baja) inician su proceso de mezclado en la molienda de crudo, con un tamaño aproximado de 0 a 1", y cambia para quedar con las características de 12 a 14% de retenido en malla 170 con un tamaño aproximado de 0,00354331" o 90 µm, (Micras)
19.	MUESTREO DE MATERIALES EN PROCESO EN EL AERODESLIZADOR 390-AZ-01.	Se realiza otro muestreo para un nuevo análisis en el laboratorio, de granulometría en la salida de la molienda de crudo.
20.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO, Y COMPARAR CON FICHA TÉCNICA	Se realiza otro análisis en el laboratorio para determinar si las dosis de materias primas, son las adecuadas para su respectiva homogenización.
21.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas, comparando los resultados con la ficha técnica.

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
		Si: Si los parámetros de calidad son los requeridos sigue su curso normal al paso 23. SILO DE HOMOGENIZACIÓN. No: Continúa al paso 22. CORREGIR DOSIS EN TOLVAS DE DOSIFICACIÓN SEGÚN FICHA TÉCNICA
22.	CORREGIR DOSIS EN TOLVAS DE DOSIFICACIÓN SEGÚN FICHA TÉCNICA	Según resultados de laboratorio se determina la dosificación correcta para cumplir con los requerimientos mínimos de calidad, de acuerdo a la ficha técnica para materias primas
23.	SILO DE HOMOGENIZACIÓN	En esta etapa del proceso se homogeniza el crudo para su posterior etapa de precalentamiento.
24.	MUESTREO EN LA ENTRADA DE LA TORRE PRE CALENTADORA EN EL PUNTO DEL AERODESLIZADOR 390-AZ-03.	En esta etapa se realiza un nuevo muestreo de crudo, para analizar granulometría, y óxidos.
25.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO Y COMPARAR RESULTADOS CON FICHA TÉCNICA	Se realiza otro análisis en el laboratorio para garantizar que cumpla con los parámetros establecidos según ficha técnica
26.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas, comparando los resultados con la ficha técnica: Si: Si los parámetros de calidad son los requeridos por la ficha técnica Continúa al paso 28. TORRE DE PRECALENTAMIENTO. No: comparando los resultados se debe corregir según ficha técnica en el paso 27. CORREGIR SEGÚN PROCEDIMIENTO FICHA TÉCNICA
27.	CORREGIR DOSIS SEGÚN FICHA TÉCNICA CC-FT-002.	Una vez corregido sigue su curso al paso 28. TORRE DE PRECALENTAMIENTO.
28.	TORRE DE PRECALENTAMIENTO.	En esta etapa del proceso el crudo ingresa a la torre de precalentamiento, con una temperatura promedio de 30°C hasta llegar al punto de 650°C, para su posterior entrada horno en el cual su temperatura alcanzara los 1400°C
29.	MUESTREO EN LA CAPILLA DE ENTRADA DEL HORNO 410-CP-01.	Se realiza muestreo para observar el grado de des carbonatación.
30.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO, Y COMPARAR CON FICHA TÉCNICA	Se analizan las muestras para observar que el grado de descarbonatación cumpla con los parámetros establecidos en la ficha técnica.
31.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas. Si: si cumple sigue al paso 33 HORNO 420-HR-01 No: si no cumple con las especificaciones continúa al paso 32 CORREGIR EL GRADO DE DESCARBONATACIÓN, VARIANDO LAS TEMPERATURAS. SEGÚN FICHA TÉCNICA.
32.	CORREGIR EL GRADO DE DESCARBONATACIÓN, VARIANDO LAS TEMPERATURAS. SEGÚN FICHA TÉCNICA	Si no cumple con los parámetros establecidos de la ficha técnica, se debe monitorear la temperatura y variar la temperatura hasta que los resultados cumplan con los parámetros establecidos en la ficha técnica
33.	HORNO 420-HR-01	En esta etapa los materiales ya homogenizados y precalentados que cumplieron los parámetros establecidos en la ficha técnica ingresan al horno 420-HR-001 con una temperatura promedio de 650°C a 700°C, para su etapa de cocción en la cual alcanza temperaturas de 1400°C.

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
34.	OBTENCIÓN DE CLINKER	Después de que el crudo pasa por calcinación en el horno, ya obtenemos Clinker y se procede a una nueva toma de muestras para analizarlas en el laboratorio.
35.	MUESTREO EN LA SALIDA DEL ENFRIADOR DEL HORNO 460-EN-01.	Se toma el muestreo del material de acuerdo a los intervalos establecidos en el “Plan de Inspección y ensayo” el muestreo se realiza en la cadena de arrastre en la salida del enfriador del horno, 430-EN-01.
36.	ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO Y COMPARAR CON FICHA TÉCNICA	En este punto se realizan los ensayos establecidos en el “Plan de Inspección y ensayo” y se verifican los resultados contra los parámetros establecidos en la ficha técnica para Clinker
37.	¿CUMPLE?	Se plantean dos alternativas, comparando con los resultados de la ficha técnica: Si: Si cumple con los parámetros, para Clinker sigue al paso 39. ALMACENAMIENTO EN BODEGA DE CLINKER TIPO I, No: Si no cumple con las especificaciones sigue al paso 38. MANEJO DE PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES. Según procedimiento
38.	MANEJO PRODUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES	Si el Clinker no cumple con los parámetros de calidad estipulados en la ficha técnica para Clinker, se determina el destino del producto fuera de especificación, según “Procedimiento de Producto Fuera de Especificaciones
39.	ALMACENAMIENTO EN BODEGA DE CLINKER	En esta etapa se clasifica el Clinker en bodega, que está dividida y demarcada, en tres secciones: • Clinker tipo 1, que cumple con las características estipuladas por la ficha técnica, continua su proceso. • Clinker tipo 2 y Clinker tipo 3 se le da un manejo especial según procedimiento de producto Fuera de Especificación • Clinker tipo 4, se retira de la bodega de Clinker y pasa a bodega de trituration, para reproceso según procedimiento de Producto Fuera de Especificaciones
39A.	INVENTARIO DE CLINKER TIPO 1	El Clinker conforme es almacenado, controlado e inventariado para su posterior salida para consumo en Molienda de Cemento.

Fuente: Procemcol S.A.S

Figura 3. Flowsheet Clinker.



Fuente: Procemcol S.A.

1.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.6.1 Objetivo general.

- Estructurar e implementar la fase inicial de un programa de mantenimiento preventivo para la planta de clinkerización de Cemento Patriota Sogamoso.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Hacer un diagnóstico del plan actual de mantenimiento, determinando el estado de los equipos, documentación, manejo de repuestos y talento humano vinculado a la actividad del mantenimiento.
- Revisar y determinar la documentación necesaria para el plan de mantenimiento propuesto: fichas técnicas, hojas de vida, formatos de solicitud, ordenes de trabajo.
- Identificar los sistemas de la planta de clinkerización de Cemento Patriota Sogamoso a los cuales se les va a estructurar e implementar el programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a un análisis de criticidad.
- Elaborar manuales de procedimientos para las intervenciones del plan de mantenimiento preventivo.
- Realizar la evaluación financiera y estimar los costos de implementación.

1.7 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El impacto económico es el principal motivo para establecer estrategias que aumenten el tiempo de disponibilidad de la planta, se debe garantizar una disponibilidad del 95% de la planta para llegar al costo de fabricación adecuado.

El horno rotatorio es un equipo muy crítico por las temperaturas de operación, las cuales ascienden a 1400°C en la zona de clinkerización y en la virola o chapa a 400°C, esto hace que sea muy riesgosa una parada por más de 15 minutos, el horno se puede deformar y dañar el refractario.

Cuando se presentan problemas de mantenimiento es necesario iniciar la curva de enfriamiento la cual dura 24 horas, realizar el trabajo y nuevamente calentar el horno (duración 36 horas) por esto es tan costoso una parada no programada.

Actualmente se realizan mantenimientos correctivos, y no se cuenta con un almacén de repuestos de stock, por lo que los tiempos de reparación son aún más largos.

El presente trabajo pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a aumentar los tiempos de disponibilidad de planta, y establecer métodos que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse en estos equipos.

2. MARCO TEÓRICO

Como paso importante para asumir el reto de avanzar en la gestión del mantenimiento, es primordial contar un adecuado programa de mantenimiento preventivo como herramienta que permite mejorar los indicadores de gestión.

Para tener un plan de mantenimiento efectivo, se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- Determinar las metas y los objetivos: determinar qué es lo que quiero obtener del programa de mantenimiento.
- Establecer los requerimientos para el mantenimiento: maquinaria y equipo a incluir, áreas de operación a incluir, definir si se va a incluir algo adicional, integrar el personal al programa de mantenimiento, medición del plan de mantenimiento preventivo, desarrollar un plan de mantenimiento y organizar la información recopilada.
- Elaboración de procedimientos del plan de mantenimiento.
- Tener claro el plan de implementación.
- Medición de resultados y establecimiento de nuevas rutas.
- Revisión del plan.

En conclusión, al aplicar de forma correcta el plan de mantenimiento preventivo impactara directamente en la productividad de Cemento Patriota y en el crecimiento profesional de las personas que trabajan con él.

2.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento son todas las técnicas y acciones que van encaminadas a restaurar, recuperar o mantener la función de un elemento para llevarlo a un estado en que pueda cumplir con la función para la que fue construido.

2.2 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

A lo largo de los años el mantenimiento ha venido evolucionando y pasando por una serie de etapas o generaciones que se han adecuado al ámbito sociocultural que se vive en determinada época.

Con la primera guerra mundial y la implementación de la producción en serie se generó la necesidad de equipos subordinados a la operación cuya principal función era la ejecución del mantenimiento en el menor tiempo posible, esto dio origen al mantenimiento correctivo que se mantuvo como la forma predominante de mantenimiento hasta los años 50.

Después de los años 50 y con una fuerte influencia de ingenieros japoneses se comenzó a dar forma a un nuevo concepto de mantenimiento que giraba en torno a seguir las recomendaciones de los fabricantes de equipos acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de estos, dando origen al mantenimiento preventivo.

En la década del 60 y 70 se concibe una nueva alternativa de mantenimiento, llamada mantenimiento predictivo en donde se empieza a desarrollar el criterio de predicción de fallas teniendo como origen el fortalecimiento de las asociaciones de mantenimiento y la evolución tecnológica de los elementos de medición y protección.

Partiendo de los avances logrados en estas décadas y en la evolución de las formas de mantenimiento y la tecnología que la acompañaba se profesionalizó y se le asignaron responsabilidades al grupo encargado del mantenimiento, así como se empezaron a hacer consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño de los diferentes equipos teniendo la experiencia alcanzada en la ejecución del mantenimiento.

A partir de esto se crearon nuevos modelos de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de cada industria que tiempo después se expandieron por los buenos resultados arrojados a otros tipos de empresas.

En la presente tesis se va a trabajar el mantenimiento preventivo, que no es más que todas las acciones de intervención técnicas, administrativas y de gestión que se realizan a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento³.

El mantenimiento preventivo busca evitar que se presenten las fallas funcionales que son aquellas que ocasionan que el activo no tenga la capacidad de hacer aquello que los usuarios quieren que hagan y se puede aplicar en instalaciones, equipos, sistemas de equipos, plantas, flotillas y en cualquier otro activo de interés.

La preferencia en escoger el mantenimiento preventivo frente a otros tipos de mantenimiento radica en lo siguiente:

- Reducción de fallas prematuras.
- Si la falla no puede mitigarse, las revisiones periódicas basadas en una buena planeación ayudan a mitigar las consecuencias al realizar una

³ BORRAS PINILLA CARLOS, conceptualización para el mantenimiento preventivo, Bogotá, Universidad Industrial De Santander 2018.

reparación planeada y reducir los costos globales de la administración del activo.

- Poder controlar de la degradación gradual de las funciones que se van presentando con el tiempo de trabajo.
- Los costos directos de mantenimiento e indirectos de producción pueden ser controlados y disminuidos.

Algunas características que acompañan el mantenimiento preventivo son que:

- Todo el personal participa en las actividades de mantenimiento.
- Se implementan programas de capacitación a todo nivel.
- Se realizan: planeación y programas específicos para cada equipo (inspección, lubricación, entre otros).
- Se elaboran instructivos y procedimientos.
- Se diligencian los registros.

El mantenimiento preventivo trae consigo algunos beneficios tales como:

- Reducción de tiempos ociosos debido al menor número de paradas por imprevistos.
- Al hacer revisiones periódicas se consigue disminuir el número de reparaciones a gran escala.
- Disminución de la cantidad de reparaciones repetitivas.
- Reducción en los costos por reparaciones, mano de obra, producción, repuestos.

2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

A continuación, se mencionan brevemente algunos tipos de mantenimiento.

2.3.1 Mantenimiento correctivo. Son las intervenciones realizadas al equipo que buscan restablecerlo cuando ya ha ocurrido una falla, es decir, esperar a que la máquina falle antes de realizarle cualquier actividad de mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento se encuentra en todas las empresas debido a que es el más antiguo y porque es aplicable hoy en día dependiendo de la situación de ciertos equipos como es el caso de los equipos electrónicos, equipos que su intervención no afecta un proceso importante o la seguridad, o que simplemente se decide que el equipo llegue falla porque tenemos un equipo de respaldo.

Entre las principales ventajas se encuentran las siguientes:

- No genera gastos fijos.
- No se programa ninguna actividad.
- Solo se generan costos cuando ocurre la falla; Bajos costos de reparación.
- Mantenimiento adecuado para elementos electrónicos donde el mantenimiento no tiene ningún efecto.

Las desventajas más visibles de este tipo de mantenimiento son:

- Paro del equipo en cualquier instante.
- La vida útil de los equipos disminuye.
- Tener un stock de repuestos importantes.
- El tiempo de paro puede ser importante si no se tiene los repuestos en stock.

2.3.2 Mantenimiento preventivo.

“Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma anticipada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o

daños mayores de los equipos.⁴

Como se lee en la anterior definición el principal objetivo del mantenimiento preventivo son las inspecciones y las frecuencias con las que se realicen cada una de estas, de ahí depende tener una disminución de los tiempos de parada del equipo llegando a mejorar la productividad del proceso y la disponibilidad del equipo.

El mantenimiento preventivo también se refiere a las acciones, tales como; reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc.: Hechas en períodos de tiempos por calendario o tiempos de trabajo de los equipos (hrs/km).

El mantenimiento preventivo busca como principales objetivos⁵:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento correctivo.
- Optimización del recurso humano.
- Maximización de la vida útil de los equipos.

Ventajas del Mantenimiento Preventivo. Entre las ventajas más representativas del mantenimiento preventivo están⁶:

- Reduce las fallas y tiempos muertos: Si se tiene muchas fallas que atender, menos tiempo puede dedicarle al mantenimiento programado y estará utilizando un mantenimiento reactivo mucho más caro por ser un

⁴ Carlos Ramón González, libro. Mantenimiento Preventivo, 2013

⁵ Diseño de plan de mantenimiento.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1125/4/Capitulo%203.pdf> (citado el 26 de mayo de 2013).

⁶ Mantenimiento preventivo

<http://www.mantenimientoplanificado.com/j/%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PRE>

mantenimiento de "apaga fuegos".

- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones: Si tiene buen cuidado con los equipos puede ayudar a incrementar su vida. Sin Embargo, requiere de involucrar a todos en 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, esto tiene una relación directa con: El programa de mantenimiento preventivo que se hace, que se puede hacer, y como debe hacerse.
- Reduce los niveles del inventario: Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.
- Ahorro de costos: Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

2.3.3 Mantenimiento predictivo. Son las técnicas cuya finalidad es predecir la vida útil de un elemento y poder reemplazarlo antes de que falle. Entre las principales ventajas que trae este mantenimiento es la maximización de los elementos y las disminuciones del tiempo de paro de los equipos.

“El mantenimiento predictivo es una filosofía o actitud que, dicho de una forma sencilla, usa la condición real de operación de un equipo o sistema para optimizar la operación total de la planta.”⁷

⁷ Julián Jaramillo, Libro, Mantenimiento Predictivo, 2013, pág. 5.

El mantenimiento predictivo también es llamado mantenimiento basado en condición y esto es debido a que sus técnicas se basan en el seguimiento de propiedades físicas como temperatura, vibraciones, rugosidades, grietas, impurezas en el aceite, etc.; que llevan la monitorización del equipo o sistema y finalmente se pueda predecir la falla.

Dentro de las ventajas del mantenimiento predictivo encontramos la reducción de inventarios, tener un historial de falla de los equipos, mejorar la programación de reparaciones, reducción de costos por mano de obra y prevenir fallas futuras.

Las técnicas más importantes del mantenimiento predictivo son las siguientes:

- Termografía.
- Análisis de vibraciones.
- Análisis de Aceites.
- Ultrasonido.
- Análisis de humos.

Finalmente al aplicar el mantenimiento predictivo es necesario tener en cuenta que no siempre es viable debido a su alto costo de implementación aunque este costo no debe verse como tal sino como una inversión. Este mantenimiento es costoso por las herramientas o equipos de medición que permiten monitorear las variables y la mano de obra debe ser mucho más calificada que el personal de otros tipos de mantenimiento. También hay que tener en cuenta que no todas las fallas se pueden predecir esto a que ciertas propiedades no se pueden monitorear debido a su naturaleza.

2.3.4 Mantenimiento autónomo. El mantenimiento autónomo está basado en la filosofía japonesa TPM (Mantenimiento Productivo Total); más que una filosofía

es una cultura organizacional en la cual debe estar comprometido desde la alta dirección hasta el nivel más bajo de la organización.

“El Mantenimiento Autónomo es, básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento es llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo.”⁸

2.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Dentro del área de mantenimiento se manejan algunos indicadores de cierta relevancia tales como:

2.4.1 Disponibilidad. Es la confianza que se tiene de que un componente, equipo o sistema que sufrió mantenimiento, cumpla su función satisfactoriamente en un tiempo dado. Se expresa como porcentaje de tiempo en el que el sistema está listo para operar o producir.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total programado}}{\text{Tiempo neto operativo}}$$

2.4.2 Confiabilidad Probabilidad que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica durante un periodo de tiempo preestablecido bajo condiciones de operación.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

⁸ Mantenimiento autónomo. <http://www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-autonomo.htm> (citado el 25 de enero de 2014).

MTBF: tiempo medio entre fallas

MTTR: tiempo medio para reparaciones

La ecuación anterior es básicamente el tiempo que dura sin fallar el equipo o componente sobre el tiempo que funciona el activo más el tiempo que estuvo para para reparaciones.

$$MTBF = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\# \text{ de paros en el periodo}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Horas de paro}}{\# \text{ de paros en el periodo}}$$

2.4.3 Mantenibilidad. Este indicador mide la probabilidad de que un componente, equipo o sistema pueda ser en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo preestablecido.

3. PLAN DE MANTENIMIENTO ANTERIOR

Antes de la puesta en marcha del plan de mantenimiento que se presenta en este trabajo de grado, el mantenimiento que se realizaba en la planta era básicamente del tipo correctivo, esto generó paradas de la planta que no estaban programadas con las consecuentes pérdidas de tiempo, producción y dinero relacionadas a estas fallas. Dos de las paradas más traumáticas que se presentaron estuvieron relacionadas con la falla del rulo de la llanta 2 del horno y la fisura en una de las paredes del horno.

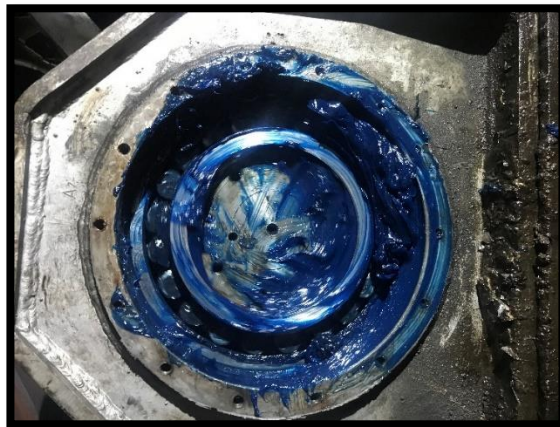
3.1 REPARACIÓN RULO LLANTA 2. (TRES DÍAS DOS MECÁNICOS)

El 26 de agosto se frena el rulo de la llanta 2 debido a unas maniobras que se venían realizando unos días antes para controlar la fuerza excesiva que el horno hace a la guía axial que controla el desplazamiento hacia la capilla de entrada, la posición del rulo se modificaba y alteraba su alineación, ya que las platinas encargadas de mantener esta alineación no funcionan según lo pensado, esto deterioro la canastilla ocasionando que los elementos rodantes se atravesaran.

- Fabricación manguito.

En planta se encuentra un rodamiento cónico 23132, este se acondiciona y se monta temporalmente, pero la fuerza que ejerce el horno es muy alta y daña el rodamiento a los 3 días.

Figura 4. Rodamiento 23132 cónico.



Fuente: Procemcol S.A.S

Para utilizar este rodamiento se fabrica un manguito.

- Rulo secador.

Se fabrica un soporte para utilizar un rulo más pequeño, se realiza el desmontaje del rulo grande y se instala el pequeño sin tener que recircular.

Figura 5.Rulo secador.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Reparación rulo.

Se solicita el rodamiento 24132 EK, se envía al torno el rulo y las tapas dañadas, al rulo le desbastan dos milímetros en radio por el desgaste que sufrió al frenarse y rosar con la llanta.

Figura 6.Reparación del rulo.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Montaje Rulo.

Se realiza el desmontaje del rulo provisional y se instala el rulo reparado con el nuevo rodamiento.

3.2 REPARACIÓN VIROLA CHAPA HORNO. (36 horas Dos soldadores dos ayudantes)

Se había presentado una propuesta para realizar la reparación con personal interno, pero se definió contratar estos trabajos con la empresa TIMESA, trabajos realizados:

Figura 7. Daño chapa horno.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Retirar refractario.

Se retira el ladrillo en la zona afectada para dar inicio con los trabajos mecánicos.

Figura 8. Área afectada.



Fuente: Procemcol S.A.S

En esta imagen se observa que el ladrillo solo se cayó en la parte del daño, en total 4 ladrillos.

- Retirar topes y láminas llanta 3.

Se retiran dos topes y cuatro laminas guía, las cuales se llevan a enderezar.

Figura 9. Topes llanta 3.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Reparación timeza.
- Corte y bisel área virola.

Se realiza el corte de la lámina de tal manera que el daño anterior también se remplazara, las dimensiones del corte son de 800mm por 1030mm, este procedimiento se efectuó con oxicorte y de forma manual, el bisel se llevó a cabo con pulidora a un ángulo de 30 grados

Figura 10. Área reparación.

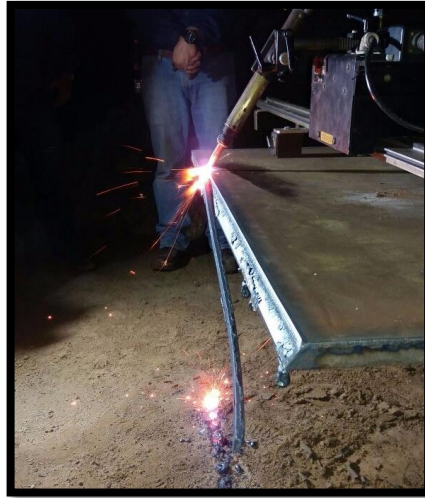


Fuente: Procemcol S.A.S

- Corte y bisel lamina de 1" acero ASTM A 516 Gr. 70.

El corte y bisel se realiza de forma semiautomática.

Figura 11.Lamina ASTM A 516.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Montaje y preparación lamina.

Se realiza el montaje de la lámina con ayuda del telehandler, se utilizan diferentes accesorios para alinear las dos láminas, en el sitio donde se apoya la llanta se evidencia una deformación en la parte superior por lo cual fue necesario utilizar un gato de 20tn.

Figura 12.Montaje lámina.



Fuente: Procemcol S.A.S

- Fondeo parche chapa.

Para el fondeo se utiliza soldadura revestida 7018 de 1/8.

Figura 13.Fondeo.

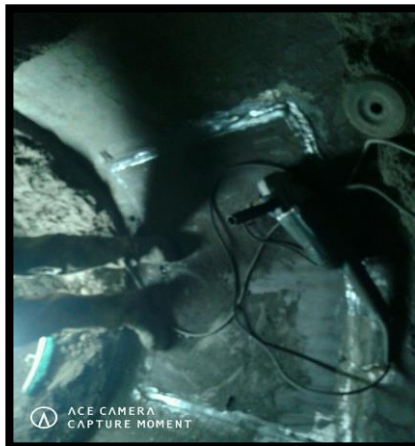


Fuente: Procemcol S.A.S

- Soldadura.

Para la unión de las dos piezas se usa soldadura por arco sumergido, este proceso permite depositar grandes volúmenes de metal de soldadura de excelente calidad, reduciendo el tiempo de aplicación.

Figura 14.Soldadura arco sumergido.

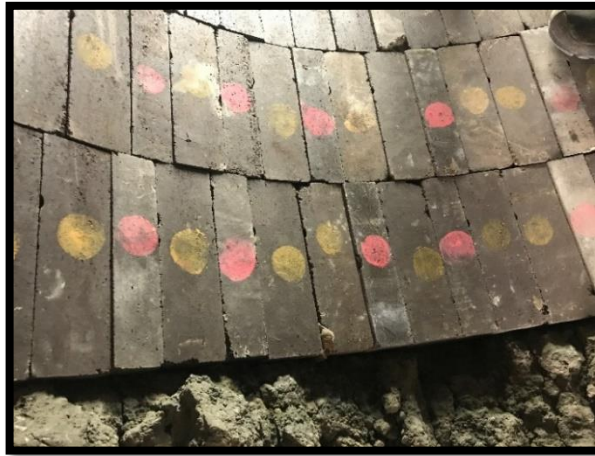


Fuente: Procemcol S.A.S

- Montaje refractario.

Se instala el ladrillo refractario, 41 ladrillos A1, 28 A3 y 2 cuñas, en los 3 primeros anillos se utilizó esta distribución, por falta de A1 se utilizaron más cuñas en los otros 4 anillos.

Figura 15.Distribución refractario.



Fuente: Procemcol S.A.S

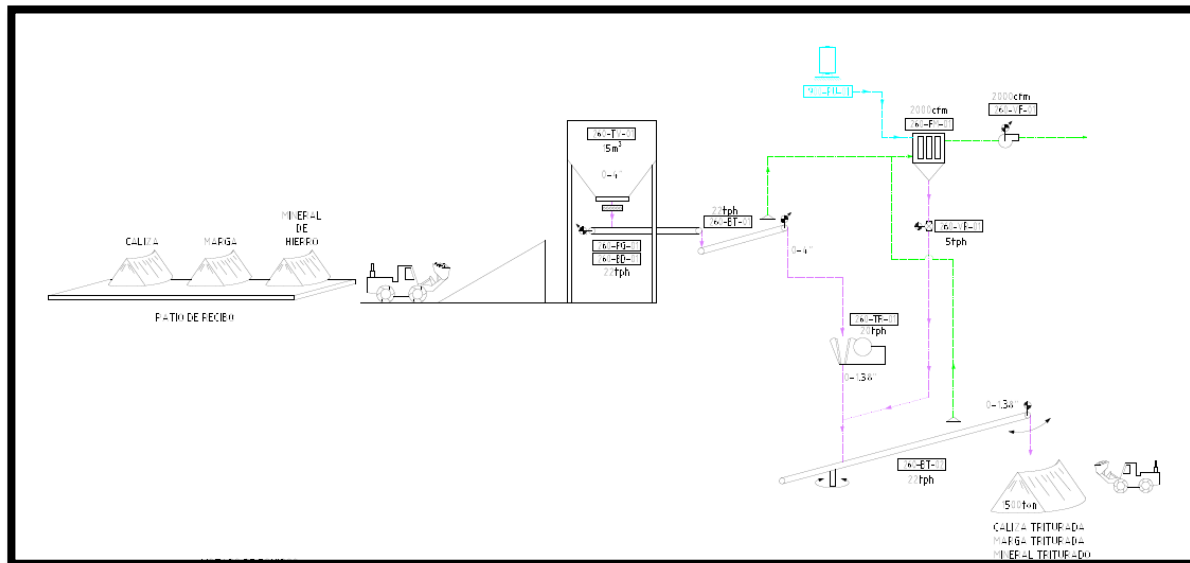
Como se observa en los dos casos anteriores, el hecho de no tener un plan de mantenimiento preventivo que ayudara a disminuir y prever este tipo de fallas, ocasiono múltiples traumatismos para el área de mantenimiento, adicional a los costos relacionados con producción y servicios adicionales de mantenimiento.

4. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

La codificación de equipos es una parte fundamental en el proceso de implementación del plan de mantenimiento, de acuerdo a los procesos internos se estableció el siguiente orden para la codificación de los equipos de la planta de acuerdo a su ubicación en la cadena de producción.

4.1 ÁREA TRITURACIÓN

Figura 16. Flowsheet área trituración.



Fuente: Procemcol S.A.S

En la siguiente tabla se muestra la codificación, especificaciones, características y precio de compra de los diferentes equipos que hacen parte del proceso de trituración.

Tabla 2. Codificación área trituración.

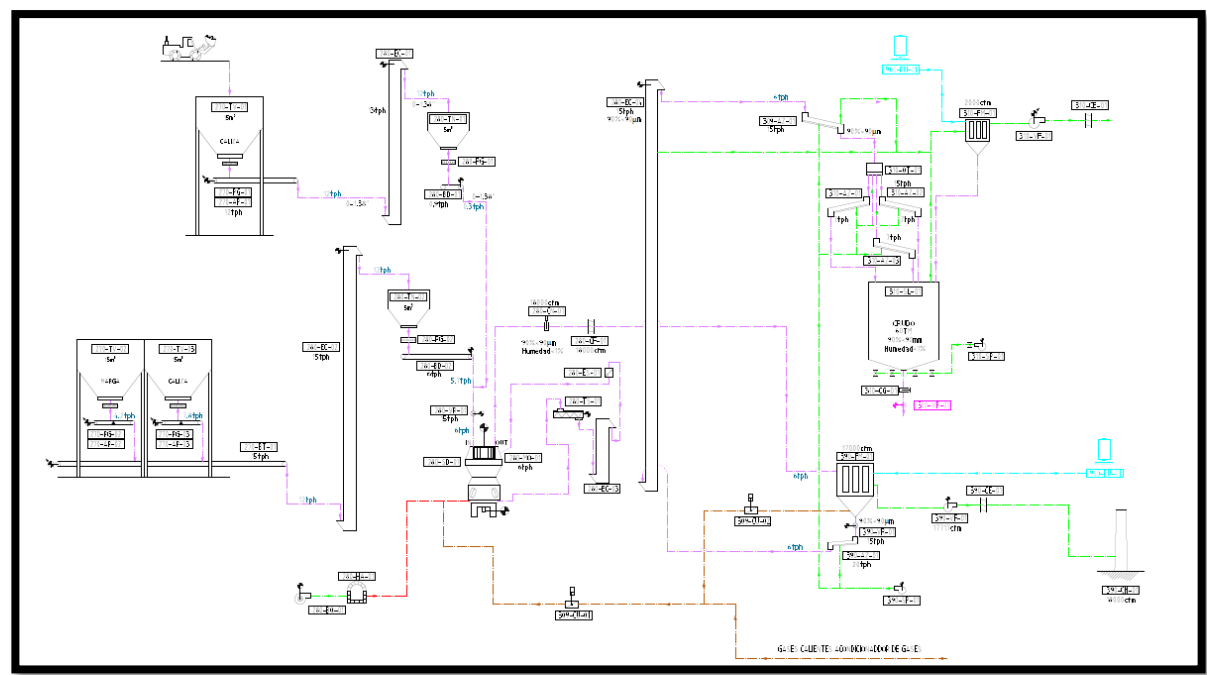
CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE COMPRA
260-TV-01	TOLVA	15 m ³	3630	\$ 85.675.648,30
	ESTRUCTURA TOLVA	N.A.	1338	\$ 31.579.619,12
260-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	117	\$ 2.761.446,52
260-BD-01	BANDA DOSIFICADORA	22 tph	1370	\$ 32.334.886,55
260-BT-01	BANDA TRANSPORTADORA	22 tph	4722	\$ 111.449.149,11
260-BT-02	BANDA APILADORA	22 tph	5268	\$ 124.335.899,51

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE COMPRA
260-CB-01	CRIBA	29 tph	1338	\$ 31.579.619,12
260-TR-01	TRITURADORA DE MANDÍBULAS	10 tph	7000	\$ 165.214.748,78
260-CD-01	COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN	N.A.	91	\$ 2.147.791,73
260-CD-02	COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN	N.A.	130	\$ 3.068.273,91
260-FM-01	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1478	\$ 34.883.914,10
260-VF-01	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	257	\$ 6.065.741,49
260-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 660.859,00
260-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	153	\$ 3.611.122,37
260-CV-01	BASES CIVILES	420m³	N.A.	N.A.
260-ST-02	ESTRUCTURA TRITURACIÓN	N.A.	8504	\$ 200.712.317,67
260-ST-02	ESTRUCTURA Y CUBIERTAS	N.A.	2437	\$ 57.518.334,68
260-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	1627	\$ 38.400.628,04

Fuente: Procemcol S.A.S

4.2 ÁREA MOLIENDA DE CRUDO

Figura 17.Flowsheet molienda de crudo.



Fuente: Procemcol S.A.S

En la siguiente tabla se muestra la codificación, especificaciones, características y precio de compra de los diferentes equipos que hacen parte del proceso de molienda de crudo.

Tabla 3.Codificación equipos molienda de crudo.

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
270-TV-01	TOLVA	15 m ³	3630	\$ 75.869.902,85

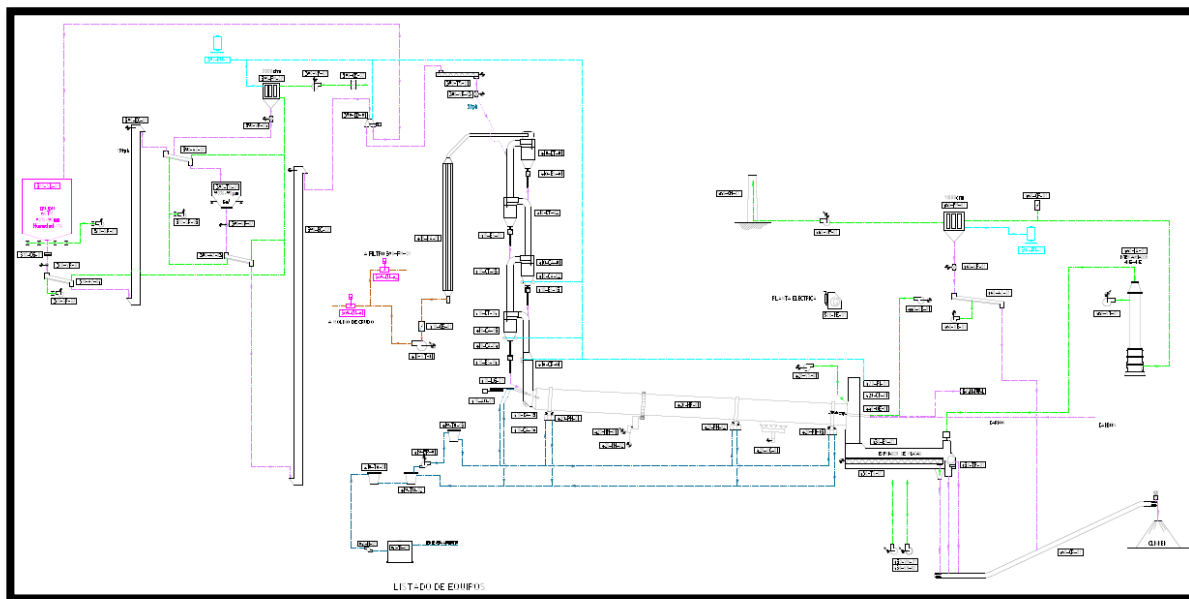
CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
	ESTRUCTURA TOLVA	N.A.	1338	\$ 27.965.269,98
270-TV-02	TOLVA	15 m ³	1937	\$ 40.484.848,99
270-TV-03	TOLVA	15 m ³	1937	\$ 40.484.848,99
	ESTRUCTURA TOLVAS	N.A.	3680	\$ 76.914.942,83
270-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	117	\$ 2.445.393,56
270-PG-02	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 815.131,19
270-PG-03	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 815.131,19
270-AP-01	ALIMENTADOR PESADOR	13 tph	1644	\$ 34.360.914,68
270-AP-02	ALIMENTADOR PESADOR	0,48 tph	872	\$ 18.225.497,32
270-AP-03	ALIMENTADOR PESADOR	0,48 tph	872	\$ 18.225.497,32
270-BT-01	BANDA TRANSPORTADORA	15 tph	2525	\$ 52.774.519,20
280-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES	13 tph	3660	\$ 76.496.926,84
280-EC-02	ELEVADOR DE CANGILONES	11 tph	3660	\$ 76.496.926,84
280-EC-03	ELEVADOR DE CANGILONES	13 tph	1336	\$ 27.923.468,38
280-EC-04	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	2920	\$ 61.030.335,07
280-TN-01	TOLVA DE NIVEL CONSTANTE	5 m ³	901	\$ 18.831.620,51
280-TN-02	TOLVA DE NIVEL CONSTANTE	5 m ³	901	\$ 18.831.620,51
280-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 815.131,19

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
280-PG-02	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 815.131,19
280-BD-01	BANDA DOSIFICADORA	17 tph	966	\$ 20.190.172,49
280-BD-02	BANDA DOSIFICADORA	6 tph	966	\$ 20.190.172,49
280-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	15 tph	266	\$ 5.559.612,72
280-MO-01	MOLINO VERTICAL	7 tph	26000	\$ 543.420.791,75
280-ST-01	ESTRUCTURA MOLINO	N.A.	23940	\$ 500.365.144,41
280-SD-01	SEPARADOR DINÁMICO	17,8 tph 17000 cfm	2032	\$ 42.470.424,96
280-CF-01	COMPUERTA DE AIRE FRESCO	N.A.	122	\$ 2.549.897,56
280-HA-01	HOGAR AUXILIAR	6´200.000 Btu/h	13963	\$ 291.837.865,97
280-BQ-01	QUEMADOR	6´200.000 Btu/h	300	\$ 6.270.239,90
280-ES-01	COMPUERTA DE ESCLUSA	N.A.	66	\$ 1.379.452,78
280-TS-01	TRANSPORTADOR DE TORNILLO	12 tph	373	\$ 7.795.998,28
280-CN-01	COMPUERTA DE GUILLOTINA NEUMÁTICA	N.A.	173	\$ 3.615.838,35
280-CV-01	BASES CIVILES	158m ³		\$ -
280-CV-02	ESTRUCTURA Y CUBIERTAS	N.A.	1586	\$ 33.148.668,30
280-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	2186	\$ 45.689.148,11

Fuente: Procemcol S.A.S

4.3 ÁREA CLINKERIZACIÓN

Tabla 4.Flowsheet área Clinker.



Fuente: Procemcol S.A.S

En la siguiente tabla se muestra la codificación, especificaciones, características y precio de compra de los diferentes equipos que hacen parte del proceso de Clinker.

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
409-TQ-01	TANQUE DE AGUA	N.A.	8000	\$ 158.961.414,75
409-TQ-02	TANQUE DE AGUA	N.A.	500	\$ 9.935.088,42
409-BR-01	BOMBA DE AGUA BAJA PRESIÓN	N.A.	100	\$ 1.987.017,68
409-BR-02	BOMBA DE AGUA ALTA PRESIÓN	N.A.	100	\$ 1.987.017,68

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
410-CT-01	CICLÓN TORRE PRECALENTADORA	70 tpd	17975	\$ 357.166.428,77
410-CA-05	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 7.948.070,74
410-CA-06	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 7.948.070,74
410-CP-01	CÁMARA DE ENTRADA HORNO	N.A.	5750	\$ 114.253.516,85
420-HR-01	HORNO ROTATORIO	70 tpd	133670	\$ 2.656.046.538,76
420-MH-01	MANDO PRINCIPAL HORNO ROTATORIO	N.A.	1000	\$ 19.870.176,84
420-MH-02	MANDO AUXILIAR HORNO ROTATORIO	N.A.	200	\$ 3.974.035,37
420-UL-01	UNIDAD DE LUBRICACIÓN	N.A.	300	\$ 5.961.053,05
420-RH-01	RODILLO HORNO ROTATORIO	N.A.	3207	\$ 63.723.657,14
420-RH-02	RODILLO HORNO ROTATORIO	N.A.	3207	\$ 63.723.657,14
420-RH-03	RODILLO HORNO ROTATORIO	N.A.	3207	\$ 63.723.657,14
420-VC-01	VENTILADOR AXIAL REFRIGERACIÓN	4500 cfm	600	\$ 11.922.106,11
420-VC-02	VENTILADOR AXIAL REFRIGERACIÓN	N.A.	600	\$ 11.922.106,11
420-VC-03	VENTILADOR AXIAL REFRIGERACIÓN	N.A.	600	\$ 11.922.106,11
420-VC-04	VENTILADOR AXIAL REFRIGERACIÓN	N.A.	600	\$ 11.922.106,11
420-VS-01	VENTILADOR CENTRÍFUGO REFRIGERACIÓN	600 cfm	600	\$ 11.922.106,11
420-CP-01	CÁMARA DE ENTRADA ENFRIADOR	N.A.	5789	\$ 115.028.453,75
420-TL-01	TANQUE DE ACPM	N.A.	102	\$ 2.026.758,04

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
420-BQ-01	BOMBA INYECCIÓN ACPM	N.A.	30	\$ 596.105,31
430-EN-01	ENFRIADOR DE PARRILLAS	70 tpd	14533	\$ 288.773.280,08
	ESTRUCTURA Y CUBIERTA ENFRIADOR	N.A.	12000	\$ 238.442.122,13
430-TS-01	TRANSPORTADOR DE TORNILLO	N.A.	770	\$ 15.300.036,17
430-VN-01	VENTILADOR 01 ENFRIADOR	6200 cfm	1604	\$ 31.871.763,66
430-VN-02	VENTILADOR 02 ENFRIADOR	3400 cfm	519	\$ 10.312.621,78
430-CE-01	CELOSÍA VENTILADOR 01 ENFRIADOR	N.A.	28	\$ 556.364,95
430-CE-02	CELOSÍA VENTILADOR 02 ENFRIADOR	N.A.	28	\$ 556.364,95
430-TR-01	TRITURADORA	N.A.	7323	\$ 145.509.305,03
440-QE-01	QUEMADOR HORNO	12'000.000 Btu/h	3000	\$ 59.610.530,53
440-VE-01	SOPLADOR QUEMADOR PRINCIPAL	N.A.	300	\$ 5.961.053,05
460-IA-01	INTERCAMBIADOR AIRE-AIRE	N.A.	12130	\$ 241.025.245,12
460-VT-01	VENTILADOR INTERCAMBIADOR AIRE-AIRE	N.A.	300	\$ 5.961.053,05
460-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	15 tph	266	\$ 5.285.467,04
460-CF-01	COMPUERTA DE AIRE FRESCO	N.A.	129	\$ 2.563.252,81
460-FM-01	FILTRO AIRE DE EXCESOS	11000 cfm	4709	\$ 93.568.662,76
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	2121	\$ 42.144.645,09
460-CE-01	CELOSÍA	N.A.	28	\$ 556.364,95

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
460-VF-01	VENTILADOR FILTRO AIRE DE EXCESOS	9000 cfm	2011	\$ 39.958.925,63
460-CH-01	CHIMENEA	N.A.	1939	\$ 38.528.272,90
460-CV-01	BASES CIVILES	258 m ³		\$ -
460-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	6444	\$ 128.043.419,58
900-PU-01	COMPRESOR KAESER	N.A.		\$ -
410-RA-01	DUCTO ACONDICIONADOR DE GASES SALIDA TORRE	N.A.	19661	\$ 239.044.667
410-CC-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MOTORIZADA	N.A.	163	\$ 1.981.806
410-VT-01	VENTILADOR DE TIRO	10000 cfm	1816	\$ 22.079.503
410-ST-01	ESTRUCTURA TORRE PRECALENTADORA	N.A.	70000	\$ 851.082.179
410-CT-02	CICLÓN TORRE PRECALENTADORA	70 tpd	19015	\$ 231.190.395
410-CT-03	CICLÓN TORRE PRECALENTADORA	70 tpd	20339	\$ 247.288.006
410-CT-04	CICLÓN TORRE PRECALENTADORA	70 tpd	18456	\$ 224.393.896
410-ES-01	VÁLVULA PENDULAR PARA TORRE y descarga	N.A.	1680	\$ 20.425.972
410-ES-02	VÁLVULA PENDULAR PARA TORRE y descarga	N.A.	2211	\$ 26.882.039
410-ES-03	VÁLVULA PENDULAR PARA TORRE y descarga	N.A.	3678	\$ 44.718.289
410-ES-04	VÁLVULA PENDULAR PARA TORRE y descarga	N.A.	2464	\$ 29.958.093
410-RE-01	DUCTO RISER	N.A.	6104	\$ 74.214.366
410-DU-05	DUCTO CUELLO DE GANSO	N.A.	1113	\$ 13.532.207

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
410-LG-01	LANZA TOMA MUESTRAS	N.A.	200	\$ 2.431.663
410-CA-01	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 4.863.327
410-CA-02	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 4.863.327
410-CA-03	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 4.863.327
410-CA-04	CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	400	\$ 4.863.327
410-AN-01	ANALIZADOR DE OXIGENO	N.A.	30	\$ 364.750
460-CR-01	CADENA DE ARRASTRE	N.A.	14123	\$ 171.711.909
460-CV-02	BASE CIVIL TORRE PRECALENTADORA Y CADENA	146 m ³		\$ -
460-AZ-01	AERODESLIZADOR	N.A.	256	\$ 3.112.529
460-VE-01	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	113	\$ 1.373.890
	CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	1616	\$ 19.647.840
309-AZ-01	AERODESLIZADOR	17,3 tph	61	\$ 1.274.948,78
309-CU-01	COMPUERTA DE CELOSÍA NEUMÁTICA	N.A.	81	\$ 1.692.964,77
309-CU-02	COMPUERTA DE CELOSÍA NEUMÁTICA	N.A.	81	\$ 1.692.964,77
310-SL-01	SILO DE HOMOGENIZACIÓN	43m ³	8363	\$ 174.793.387,75
310-ST-01	ESTRUCTURA SILO	N.A.	3500	\$ 73.152.798,89
310-OT-01	OLLA DE DISTRIBUCIÓN	15 tph	44	\$ 919.635,19
310-AZ-01	AERODESLIZADOR	7 tph	30	\$ 627.023,99

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
310-AZ-02	AERODESLIZADOR	7 tph	30	\$ 627.023,99
310-AZ-03	AERODESLIZADOR	7 tph	30	\$ 627.023,99
310-AZ-04	AERODESLIZADOR	15 tph	422	\$ 8.820.137,47
310-SP-01	SOPLADOR	N.A.	113	\$ 2.361.790,36
310-SP-02	SOPLADOR	N.A.	113	\$ 2.361.790,36
310-SP-03	SOPLADOR	N.A.	113	\$ 2.361.790,36
310-CG-01	COMPUERTA DE GUILLOTINA MANUAL	N.A.	129	\$ 2.696.203,16
310-FM-01	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1166	\$ 24.370.332,43
	PASARELA FILTRO	N.A.	253	\$ 5.287.902,32
310-VF-01	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	181	\$ 3.783.044,74
310-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 585.222,39
310-PU-01	PULMÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	500	\$ 10.450.399,84
390-FM-01	FILTRO DE MANGAS	17000 cfm	12060	\$ 252.063.644,17
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	3404	\$ 71.146.322,12
390-VF-01	VENTILADOR FILTRO	17717 cfm	3187	\$ 66.610.848,59
390-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	81	\$ 1.692.964,77
390-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	15 tph	245	\$ 5.120.695,92
390-VR-02	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 2.090.079,97

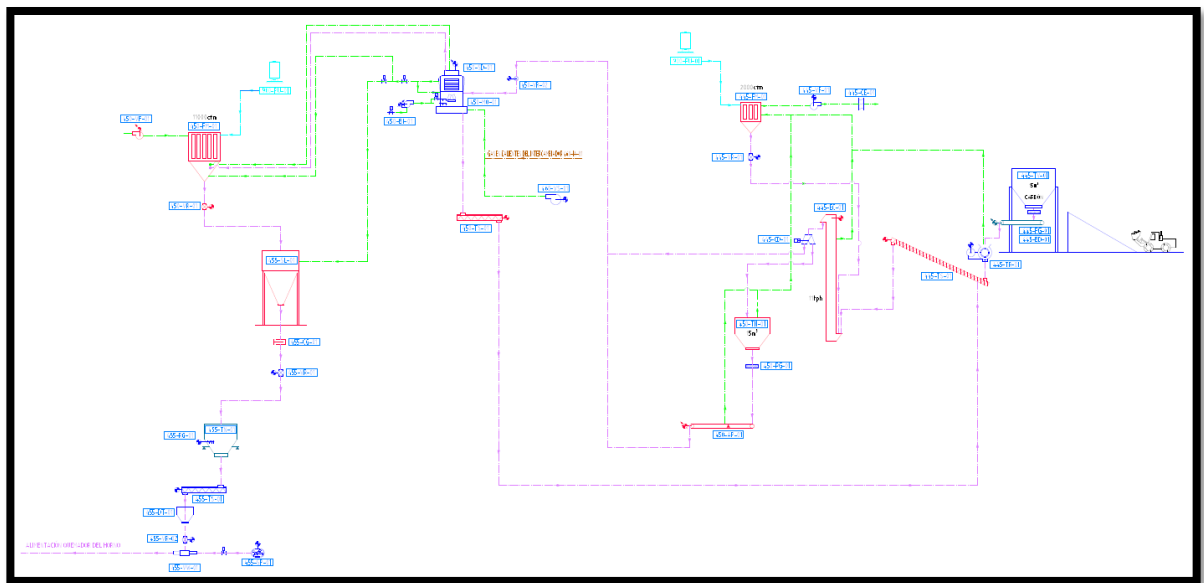
CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
390-AZ-01	AERODESLIZADOR	20 tph	81	\$ 1.692.964,77
390-AZ-02	AERODESLIZADOR	17,3 tph	236	\$ 4.932.588,73
390-AZ-03	AERODESLIZADOR	17,3 tph	191	\$ 3.992.052,74
390-SP-01	SOPLADOR	N.A.	113	\$ 2.361.790,36
390-PU-01	PULMÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	500	\$ 10.450.399,84
390-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	1752	\$ 36.618.201,04
390-TN-01	TOLVA DE NIVEL CONSTANTE	0,8 m ³	380	\$ 7.942.303,88
390-TS-01	TRANSPORTADOR DE TORNILLO	12 tph	684	\$ 14.296.146,98
390-FM-02	FILTRO DE MANGAS	2000cfm	1478	\$ 30.891.381,93
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	1581	\$ 33.044.164,30
390-VF-02	VENTILADOR FILTRO	2000cfm	214	\$ 4.472.771,13
390-CE-02	COMPUERTA DE CELOSÍA VENTILADOR	N.A.	28	\$ 585.222,39
390-VR-04	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 2.090.079,97
390-CV-01	BASES CIVILES	33 m ³	N.A.	\$ -
390-CD-01	COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN	N.A.	91	\$ 1.901.972,77
390-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESCARGAS		4541	\$ 94.910.531,36
390-EC-02	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	3565	\$ 967.393.513,32
310-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	15 tph	245	\$ 2.978.787,63

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	ESPECIFICACIONES	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
390-VR-03	VÁLVULA ROTATIVA	15 tph	245	\$ 2.978.787,63
390-CH-01	CHIMENEA	N.A.	3398	\$ 41.313.960,62

Fuente: Procemcol S.A.S

4.3 ÁREA CARBÓN

Tabla 5.Flowsheet área carbón.



Fuente: Procemcol S.A.S

En la siguiente tabla se muestra la codificación, especificaciones, características y precio de compra de los diferentes equipos que hacen parte del proceso del área de carbón.

Tabla 6.Codificación equipos molienda de carbón.

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
445-TS-01	TORNILLO SIN FIN INCLINADO	5 tph	902	\$ 12.642.291,29
445-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	2270	\$ 31.815.965,87
445-FM-01	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1166	\$ 16.342.474,10
445-PU-01	PULMÓN DE AIRE COMPRIMIDO	N.A.	600	\$ 8.409.506,40
450-TN-01	TOLVA DE NIVEL CONSTANTE	15,2 m ³	1939	\$ 27.176.721,51
	ESTRUCTURA	N.A.	3213	\$ 45.032.906,76
450-AP-01	ALIMENTADOR PESADOR	5,52 tph	559	\$ 7.834.856,79
450-FM-01	FILTRO DE MANGAS	11000 cfm	5800	\$ 81.291.895,19
450-VF-01	VENTILADOR FILTRO	8000 cfm	1604	\$ 22.481.413,77
450-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.401.584,40
455-SL-01	SILO DE CARBÓN PULVERIZADO	91 m ³	6704	\$ 93.962.218,16
455-CG-01	COMPUERTA DE GUILLOTINA MANUAL	N.A.	129	\$ 1.808.043,88
455-ST-01	ESTRUCTURA TORRE DE CARBÓN	N.A.	13745	\$ 192.647.775,75
455-CV-01	BASE CIVIL TORRE	18 m ³		\$ -
455-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	653	\$ 9.152.346,13
445-TV-01	TOLVA	15 m ³	1519	\$ 18.468.483
	ESTRUCTURA TOLVA	N.A.	1115	\$ 13.556.523
445-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	117	\$ 1.422.523

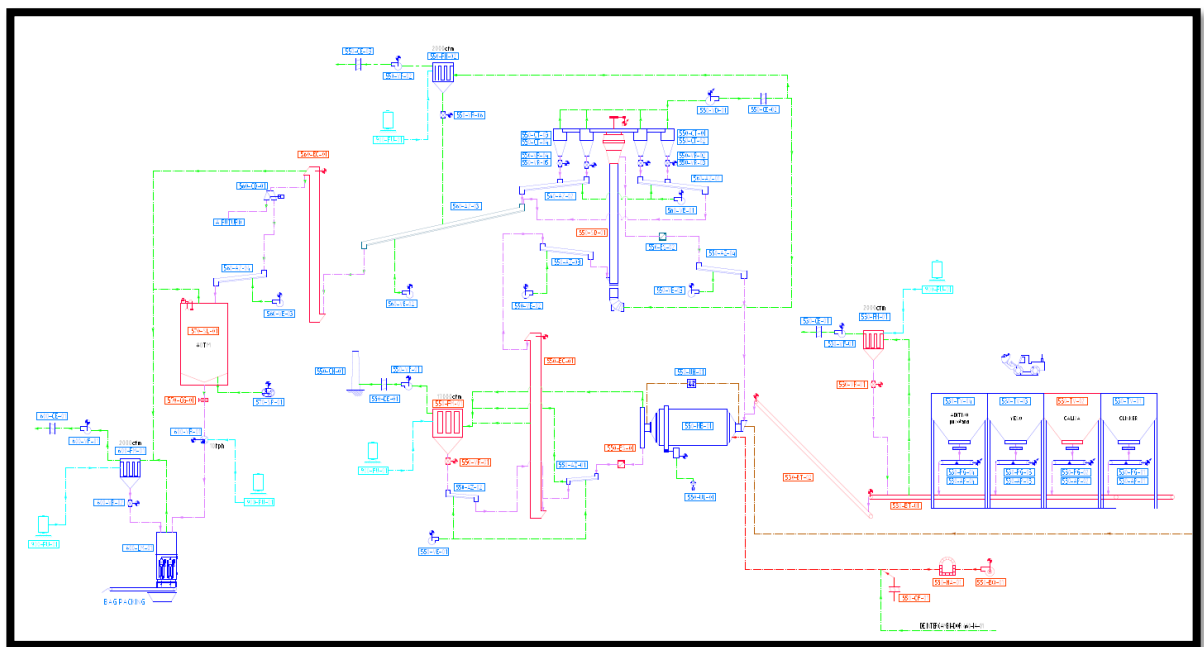
CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
445-BD-01	BANDA DOSIFICADORA	5,5 tph	789	\$ 9.592.912
445-TR-01	TRITURADORA DE RODILLO	4 tph	1200	\$ 14.589.980
445-VF-01	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	214	\$ 2.601.880
445-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 340.433
445-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	81	\$ 984.824
450-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 474.174
450-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	81	\$ 984.824
450-MO-01	MOLINO VERTICAL	1 tph	2000	\$ 24.316.634
450-SD-01	SEPARADOR DINÁMICO	N.A.	1000	\$ 12.158.317
450-VS-01	VENTILADOR SELLO DE AIRE	N.A.	400	\$ 4.863.327
450-BI-01	BOMBA DE AGUA BAJA PRESIÓN	N.A.	100	\$ 1.215.832
455-TN-01	TOLVA DE NIVEL CONSTANTE	0,5 m ³	250	\$ 3.039.579
455-TS-01	TRANSPORTADOR DE TORNILLO	1 tph	150	\$ 1.823.748
455-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
455-VR-02	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
455-SP-01	SOPLADOR	N.A.	300	\$ 3.647.495
455-VW-01	VENTURI	N.A.	100	\$ 1.215.832
455-ST-01	ESTRUCTURA Y CUBIERTA	N.A.	1000	\$ 12.158.317

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
455-ST-01	BASES CIVILES	41 m ³	N.A.	\$ -
455-DE-01	CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	257	\$ 3.124.687

Fuente: Procemcol S.A.S

4.5 ÁREA CEMENTO

Figura 18.Flowsheet área cemento.



Fuente: Procemcol S.A.S

En la siguiente tabla se muestra la codificación, especificaciones, características y precio de compra de los diferentes equipos que hacen parte del proceso del área de cemento.

Tabla 7.Codificación equipos área molienda.

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
530-TV-02	TOLVA	15 m ³	1828	\$ 22.414.046,79
	ESTRUCTURA TOLVA	N.A.	2500	\$ 30.653.783,90
530-BT-01	BANDA TRANSPORTADORA	15 tph	1266	\$ 15.523.076,17
530-BT-02	BANDA TRANSPORTADORA	15 tph	2712	\$ 33.253.224,78
530-FM-01	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1166	\$ 14.296.924,81
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	1168	\$ 14.321.447,84
530-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	81	\$ 993.182,60
550-FM-01	FILTRO DE MANGAS	17000 cfm	6520	\$ 79.945.068,42
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	3071	\$ 37.655.108,15
550-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.226.151,36
550-SD-01	SEPARADOR DINÁMICO	6 tph	1893	\$ 23.211.045,17
	ESTRUCTURA SEPARADOR DINÁMICO	N.A.	5173	\$ 63.428.809,65
550-HA-01	HOGAR AUXILIAR	5'000.000 Btu/h	11330	\$ 138.922.948,65
550-BQ-01	QUEMADOR	5'000.000 Btu/h	200	\$ 2.452.302,71
550-ES-01	VÁLVULA DE CLAPETA	N.A.	146	\$ 1.790.180,98
550-CF-01	COMPUERTA DE AIRE FRESCO	N.A.	92	\$ 1.128.059,25
550-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	1730	\$ 21.212.418,46

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
560-EC-01	ELEVADOR DE CANGILONES	15 tph	2261	\$ 27.723.282,16
570-CG-01	COMPUERTA DE GUILLOTINA MANUAL	N.A.	129	\$ 1.581.735,25
570-SL-01	SILO DE ALMACENAMIENTO	500 tn	7177	\$ 88.000.882,83
	ESTRUCTURA SILO	N.A.	9465	\$ 116.055.225,86
570-DE-01	DUCTOS, CHUTES Y DESPOLVAMIENTOS	N.A.	1159	\$ 14.211.094,22
530-TV-01	TOLVA	15 m ³	2318	\$ 28.182.978
530-TV-03	TOLVA	15 m ³	2318	\$ 28.182.978
530-TV-04	TOLVA	15 m ³	2318	\$ 28.182.978
530-ST-01	ESTRUCTURA TOLVAS	N.A.	2100	\$ 25.532.465
530-PG-01	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 474.174
530-PG-02	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 474.174
530-PG-03	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 474.174
530-PG-04	COMPUERTA DE PINES	N.A.	39	\$ 474.174
530-AP-01	ALIMENTADOR PESADOR	13 tph	550	\$ 6.687.074
530-AP-02	ALIMENTADOR PESADOR	13 tph	550	\$ 6.687.074
530-AP-03	ALIMENTADOR PESADOR	13 tph	550	\$ 6.687.074
530-AP-04	ALIMENTADOR PESADOR	13 tph	550	\$ 6.687.074
530-VF-01	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	214	\$ 2.601.880

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
530-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 340.433
550-MB-01	MOLINO DE BOLAS	6 tph	55000	\$ 668.707.426
550-UH-01	UNIDAD HIDRÁULICA	N.A.	350	\$ 4.255.411
550-UL-01	UNIDAD DE LUBRICACIÓN	N.A.	300	\$ 3.647.495
550-VF-01	VENTILADOR FILTRO	17717 cfm	3187	\$ 38.748.556
550-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	81	\$ 984.824
550-CH-01	CHIMENEA	N.A.	1939	\$ 23.574.976
550-AZ-01	AERODESLIZADOR	7 tph	44	\$ 534.966
550-AZ-02	AERODESLIZADOR	7 tph	44	\$ 534.966
550-VE-01	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
550-AZ-03	AERODESLIZADOR	7 tph	30	\$ 364.750
550-VE-02	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
550-CT-01	CICLÓN	N.A.	400	\$ 4.863.327
550-CT-02	CICLÓN	N.A.	400	\$ 4.863.327
550-CT-03	CICLÓN	N.A.	400	\$ 4.863.327
550-CT-04	CICLÓN	N.A.	400	\$ 4.863.327
550-VR-02	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
550-VR-03	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
550-VR-04	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
550-VR-05	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
550-VR-06	VÁLVULA ROTATIVA	5 tph	100	\$ 1.215.832
550-ES-02	VÁLVULA DE CLAPETA	N.A.	66	\$ 802.449
550-AZ-04	AERODESLIZADOR	7 tph	30	\$ 364.750
550-VE-03	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
550-VD-01	VENTILADOR SEPARADOR	N.A.	600	\$ 7.294.990
550-CE-02	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	81	\$ 984.824
550-FM-02	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1166	\$ 14.176.597
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	1581	\$ 19.222.299
550-VF-02	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	181	\$ 2.200.655
550-CE-03	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 340.433
560-AZ-01	AERODESLIZADOR	7 tph	55	\$ 668.707
560-AZ-02	AERODESLIZADOR	7 tph	55	\$ 668.707
560-VE-01	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
560-AZ-03	AERODESLIZADOR	N.A.	250	\$ 3.039.579
560-VE-02	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
560-CD-01	COMPUERTA DE DISTRIBUCIÓN	N.A.	130	\$ 1.580.581

CÓDIGO	NOMBRE EQUIPO	CAPACIDAD	PESO DEL EQUIPO (Kg)	PRECIO DE VENTA
560-AZ-04	AERODESLIZADOR	N.A.	81	\$ 984.824
560-VE-03	VENTILADOR SOPLADOR PARA AERODESLIZADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
570-SP-01	SOPLADOR	N.A.	120	\$ 1.458.998
600-CV-01	BASES CIVILES	265 m ³	N.A.	\$ -
N.A.	CHUTES Y DESCARGAS	N.A.	2286	\$ 27.793.912
600-LM-01	EMPACADORA	N.A.	1000	\$ 12.158.317
600-FM-01	FILTRO DE MANGAS	2000 cfm	1166	\$ 14.176.597
	ESTRUCTURA FILTRO	N.A.	1581	\$ 19.222.299
600-VF-01	VENTILADOR FILTRO	2000 cfm	214	\$ 2.601.880
600-CE-01	COMPUERTA DE CELOSÍA MANUAL	N.A.	28	\$ 340.433
600-VR-01	VÁLVULA ROTATIVA	10TPH	245	\$ 2.978.788
600-VR-02	VÁLVULA ROTATIVA	5TPH	100	\$ 1.215.832

Fuente: Procemcol S.A.S

5. CRITICIDAD

Este modelo de análisis de criticidad es un método semi-cuantitativo sencillo, basado en el análisis de riesgo. Se presenta la expresión matemática para jerarquizar los equipos:

$$CRT = FF * C$$

Donde:

- FF: Frecuencia de fallos.
- C: Consecuencias de las fallas.

Las consecuencias (C), se obtiene a partir de:

$$C = IO * FO + CM + SHA$$

Donde:

- IO: Factor de impacto en la producción.
- FO: Factor de flexibilidad operacional.
- CM: Factor de costes de mantenimiento
- SHA: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

Para poder tener variables cuantitativas de cada uno de estos factores, se planteó la siguiente tabla para evaluar cada uno de los equipos.

Tabla 8. Factores ponderados.

FRECUENCIA DE FALLAS	
CATEGORÍA	FACTOR DE CRITICIDAD
ENTRE 0 - 1	1
ENTRE 1 - 3	2
ENTRE 3 - 6	3
ENTRE 6 - 10	4
IMPACTO OPERACIONAL	
CATEGORÍA	FACTOR DE CRITICIDAD
Perdida de todo el despacho	10
Parada del proceso, perdida de producción	7
Impacto en la calidad del producto	4
No genera impacto en la calidad ni la producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
CATEGORÍA	FACTOR DE CRITICIDAD
No existe opción de producción y no hay equipo de respaldo	4
Hay opción de repuesto compartido / Almacén	2
Equipo de respaldo	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	
CATEGORÍA	FACTOR DE CRITICIDAD
Mayor o igual a \$ 8.000.000	2
Menor a \$ 8.000.000	1
IMPACTO AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD	
CATEGORÍA	FACTOR DE CRITICIDAD
Afecta la seguridad humana tanto externo como interno	8
Afecta el ambiente o las instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (Ambiente o seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daño	1

Luego de evaluar los factores mediante las fórmulas descritas anteriormente donde se obtendrá el valor de criticidad global, se procede a valorar los resultados por medio de una matriz de riesgos.

A continuación, se muestra los resultados de la matriz de criticidad ordenada por cada una de las categorías:

Tabla 9. Equipos críticos.

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONCECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	DE EVALUACION EQUIPO
280-MO-01	4	7	4	2	1	31	124	CRITICO
550-SD-01	4	7	4	2	1	31	124	CRITICO
550-BQ-01	4	7	4	1	8	37	148	CRITICO
550-MB-01	4	7	4	2	1	31	124	CRITICO
430-TR-01	4	7	4	1	1	30	120	CRITICO
430-VN-02	4	7	4	1	1	30	120	CRITICO
420-BQ-01	4	7	4	1	8	37	148	CRITICO

Tabla 10.Equipos medianamente críticos.

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONCECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	DE EVALUACION EQUIPO
600-LM-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
310-VR-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
390-TN-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
390-EC-02	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
390-VR-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
390-VF-01	3	7	4	2	3	33	99	MEDIANAMENTE CRITICO
410-VT-01	3	7	4	2	3	33	99	MEDIANAMENTE CRITICO
410-CT-03	4	7	2	1	8	23	92	MEDIANAMENTE CRITICO
410-CT-04	4	7	2	1	8	23	92	MEDIANAMENTE CRITICO
460-CR-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
455-TS-01	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
455-VR-02	4	7	2	1	1	16	64	MEDIANAMENTE CRITICO
455-SP-01	3	7	2	1	1	16	48	MEDIANAMENTE CRITICO

Tabla 11.Equipos no críticos.

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	EVALUACIÓN DE EQUIPO
260-BD-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
260-BT-01	2	1	2	1	1	4	8	NO CRITICO
260-TR-01	3	1	2	1	1	4	12	NO CRITICO
260-BT-02	2	1	2	1	1	4	8	NO CRITICO

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	EVALUACIÓN DE EQUIPO
260-FM-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
260-VF-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
260-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
390-FM-02	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
390-VF-02	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
445-TS-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
445-EC-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
445-FM-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
450-AP-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
450-FM-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
450-VF-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
450-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
445-BD-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
445-TR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
445-VF-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
445-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
450-VR-02	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
450-MO-01	3	1	2	2	1	5	15	NO CRITICO
450-SD-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
450-VS-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
450-BI-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
460-VT-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
460-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
460-CF-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
460-FM-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
460-VF-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
460-VE-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
270-AP-01	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
270-AP-02	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
270-AP-03	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
270-BT-01	2	4	2	1	1	10	20	NO CRITICO
280-EC-01	3	4	2	1	1	10	30	NO CRITICO
280-EC-02	4	4	2	1	1	10	40	NO CRITICO
280-EC-03	2	4	2	1	1	10	20	NO CRITICO
280-EC-04	2	4	2	1	1	10	20	NO CRITICO
280-BD-01	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
280-BD-02	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	EVALUACIÓN DE EQUIPO
280-VR-01	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
280-SD-01	1	7	4	2	1	31	31	NO CRITICO
280-TS-01	3	4	2	1	1	10	30	NO CRITICO
390-VR-04	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
530-FM-01	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
530-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
550-FM-01	2	1	2	1	3	6	12	NO CRITICO
550-VR-01	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
550-EC-01	2	7	2	1	1	16	32	NO CRITICO
560-EC-01	2	7	2	1	1	16	32	NO CRITICO
530-AP-01	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
530-AP-02	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
530-AP-03	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
530-AP-04	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
530-VF-01	4	1	2	1	3	6	24	NO CRITICO
550-UL-01	2	1	2	2	1	5	10	NO CRITICO
550-VF-01	1	7	4	2	3	33	33	NO CRITICO
550-VE-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
550-VE-02	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
550-VR-02	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
550-VR-03	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
550-VR-04	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
550-VR-05	1	4	2	1	1	10	10	NO CRITICO
550-VR-06	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
550-VE-03	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
550-VD-01	1	7	4	2	1	31	31	NO CRITICO
550-FM-02	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
550-VF-02	1	1	2	1	3	6	6	NO CRITICO
560-VE-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
560-VE-02	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
560-VE-03	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
570-SP-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
600-FM-01	1	7	2	1	3	18	18	NO CRITICO
600-VF-01	2	1	2	1	3	6	12	NO CRITICO
600-VR-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
600-VR-02	1	1	2	1	1	4	4	NO CRITICO
600-TS-01	3	7	2	1	1	16	48	NO CRITICO

/ EQUIPO VARIABLE	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	EVALUACIÓN DE EQUIPO
310-SP-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
310-SP-02	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
390-EC-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
310-SP-03	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
390-VR-02	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
390-TS-01	2	7	2	1	1	16	32	NO CRITICO
390-VR-03	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
390-FM-01	1	7	2	1	3	18	18	NO CRITICO
390-SP-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
410-CT-01	1	7	2	1	8	23	23	NO CRITICO
410-CT-02	1	7	2	1	8	23	23	NO CRITICO
410-RE-01	1	7	2	1	8	23	23	NO CRITICO
410-CP-01	1	7	2	1	8	23	23	NO CRITICO
420-MH-01	1	7	4	1	1	30	30	NO CRITICO
420-CP-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
430-EN-01	1	7	2	2	8	24	24	NO CRITICO
430-VN-01	1	7	4	2	1	31	31	NO CRITICO
430-TS-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
440-SP-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
455-VR-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO
455-RG-01	1	7	2	1	1	16	16	NO CRITICO

Después de realizar la matriz de criticidad, tenemos que el 6% de ellos son críticos, el 11% es medianamente crítico y el 83% no es crítico. Con base en este análisis se distribuirán los esfuerzos operativos y económicos a la hora de intervenir cada equipo.

6. DOCUMENTACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

PROCENCOL S.A.S. cuenta con gran parte de los manuales de los equipos e información relacionada a ellos, pero antes de implementar el plan de mantenimiento de la planta no se tenía registro de la información, por otra parte, la empresa no contaba con indicadores de gestión como la disponibilidad,

mantenibilidad, ni confiabilidad de las máquinas por no llevar el registro de las fallas de los equipos. Por lo tanto, con el fin de optimizar el flujo de información de mantenimiento se realizaron una serie de formatos para la gestión en la planta.

Los formatos que se muestran a continuación son una pequeña muestra del total que se implementó en la estructuración y desarrollo del plan de mantenimiento.

6.1 HOJA DE VIDA, FICHA TÉCNICA Y FORMATOS DE INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Las fichas técnicas, hojas de vida y formatos de inspección entre otros son muy importantes para la implementación de un sistema de mantenimiento, ya que permiten tener a la mano la información principal del equipo, saber que trabajo se le ha realizado y tener claras las rutinas de inspección de los mismos.

Figura 19.Formato HV y ficha técnica.

		PROCENCOL S.A.S		PAG. 1	
		HOJA DE VIDA EQUIPOS PLANTA			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
Nombre del equipo:					
Marca:		Modelo:			
MANUALES DEL EQUIPO:					
Instalación:	Técnico:	De usuario:	Instructivo:	Código docum	
FUNCIONES QUE SE REALIZAN CON EL EQUIPO:					
DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO:					
Datos Motor:					
Voltaje (V):	Potencia (W):	Corriente (A)	Electrofreno	Frecuencia (Hz)	
Tipo/Tamaño	Aislamiento:	IP :	Forma estru	Peso(Kg):	
Tamaño de la flecha (φxLmm):	Costφ:	RPM :	Marca:		
Datos Reductor:					
Marca:	Diseño flecha salida:	Tamaño reductor:	Torque Nominal (Nm):		
Relacion Nominal:	Peso en operación:	C. Aceite (L)			
Flecha entrada:	Flecha salida:	Sentido de Rotacion			
Datos de mando					
Potencia de flecha de transmision (Kw):	Velocidad de rotacion (Rpm):				
Torque en flecha de transmision (Nm):					
AMBIENTALES Y DE FUNCIONAMIENTO					
T. ambiente (°C):	HR (%):	Otro:			
Contaminacion solida :	Tipo:				
REQUERIMIENTOS ADICIONALES/INFORMACIÓN ADICIONAL					
ESPECIFICACIÓN DE MEDICIÓN					
No.	Magnitud de medición	Unidad(es)	Rango mínimo	Rango máximo	Error

Fuente: Procemcol S.A.S

Figura 20.Formato de inspección de crudo, parte 1.

		PROCENCOL S.A.S				PAG.1
FECHA DE APROBACIÓN 28/11/18		RUTA DE INSPECCION DIARIA EQUIPOS CRITICOS				MT-F-010
SECCIÓN		LÍNEA DE CLINKERIZACIÓN	FECHA/HORA:	AREA:		REVISIÓN 2 CRUDO +280EC02
Día	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	TEMP °C	NIVEL DE ACEITE EN mm	ESTADO DEL ACEITE	CALIBRACIÓN MASAS EN mm	RESPONSABLE NOMBRE
L	REVISIÓN MASA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 3:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
S	REVISIÓN REDUCTOR:					
S	REVISIÓN U. HIDRÁULICA:					

Fuente: Procencol S.A.S

Figura 21. Formato de inspección de crudo, parte 2.

		PROCENCOL S.A.S				PAG.1
FECHA DE APROBACIÓN 28/11/18		RUTA DE INSPECCION DIARIA EQUIPOS CRITICOS				MT-F-010
SECCIÓN		LÍNEA DE CLINKERIZACIÓN	FECHA/HORA:		AREA:	REVISIÓN 2
Día	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	TEMP °C	NIVEL DE ACEITE EN mm	ESTADO DEL ACEITE	CALIBRACIÓN MASAS EN mm	RESPONSABLE NOMBRE
L	REVISIÓN MASA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 3:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
S	REVISIÓN REDUCTOR:					
S	REVISIÓN U. HIDRÁULICA:					

Fuente: Procencol S.A.S

Solo se presentan algunos formatos a manera de ejemplo y para que se entienda la estructura de estos, en la sección de anexos se mostraran más detalladamente estos documentos.

7. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

En las siguientes páginas se detalla el plan de mantenimiento implementado para la planta de cemento Patriota:

7.1 CONTENIDO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

7.1.1 OBJETIVO. Registrar metodología a seguir para el desarrollo de las diferentes actividades programadas dentro del plan de Mantenimiento.

7.1.2 ALCANCE. Planear y programar actividades y personal que realice trabajos de mantenimiento o haga parte de la cadena de mantenimiento de la planta Cemento Patriota Sogamoso, Calle 67 # 10-199
PROCENCOL S.A.S

7.1.3 RESPONSABILIDADES.

Director de Mantenimiento y Operación

- Reportar y solicitar actividades de mantenimiento a equipos de proceso.
- Autorizar la intervención de equipos de proceso.
- Autorizar y programar la ejecución de la respectiva Orden de Trabajo y/o intervención de equipos de proceso.
- Inspecciones periódicas con observación visual, aleatoria y planificada del estado de los diferentes equipos y partes del proceso, con el fin de identificar problemas y opciones de mejora a ejecutar por el área de mantenimiento.
- Recepción y cierre de la orden de trabajo.

- Revisión y aprobación de planeación y programación de mantenimiento.
- Verificar, controlar y exigir la realización de las tareas.
- Designar el personal encargado para el desarrollo de las diferentes actividades.
- Programar y proveer los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.
- Elaboración de planeación y programación de mantenimiento
- Revisar stock de repuestos y evaluar rotación
- Análisis de causa raíz de emergencias de mantenimiento

Practicante de Mantenimiento

- Facilitar los formatos, procedimientos, manuales y demás documentación Creada para fines de un correcto desarrollo del plan de Mantenimiento.
- Mantener registros e índices de mantenimiento al día.
- Creación de formatos, procedimientos, instructivos y manuales suficientes para el desarrollo del plan de mantenimiento.
- Actualizar y/o reforzar información dentro los diferentes documentos del área de Mtto.
- Manejo de la plataforma SIESA WEB, en el módulo de mantenimiento, con el fin de brindar informe en tiempo real y constante de las diferentes variables de mantenimiento de la empresa PROCEMCOL SAS.

Supervisor de mantenimiento

- Asegurar que el personal a su cargo reciba el entrenamiento apropiado
- Velar por la seguridad del personal a cargo.
- Identificar y reportar fallas en los diferentes equipos de proceso, por medio del formato de “REPORTE DE FALLAS MT-F-013”.
- Realizar las diferentes solicitudes de mantenimiento (por fallas, preventivos u opciones de mejora)

- Coordinar según corresponda con el personal de producción o mantenimiento la intervención del equipo en falla para su respectiva solución aplicando el “Procedimiento de bloqueo y control de energías MT-P-002”, dejando evidencia la actividad realizada por medio del formato MT-F-013.
- Dependiendo de la gravedad del problema, es decir si esta implica intervenciones o trabajos con la utilización de grandes recursos en; mano de obra, materiales y tiempo, se debe generar una OT “Orden de Trabajo MT-F-014” previamente autorizada por el Director de Mantenimiento.
- Verificar y/o dirigir las actividades que lleven a la liberación de las diferentes fallas.

Coordinador de Seguridad SISOMA PROCEMCOL S.A.S

- Difundir y dar a conocer este instructivo a todo el personal bajo su responsabilidad
- Nota:** *para tal obligación se puede apoyar en el personal de mantenimiento o personal debidamente capacitado, con conocimientos claros.*
- Ser estricto en la observación de las reglas de seguridad
 - Asegurar que se utilicen dispositivos de bloqueo (procedimiento MT-P-002), equipo de protección personal y equipo de medición; contando con evidencia.

Encargado de la actividad

- Cumplir en forma correcta el procedimiento de bloqueo e identificación, comprometiéndose por la protección de la integridad del personal a su cargo.
- Confirmar y oficializar la autorización de la actividad ante jefe de turno, haciéndole firmar la respectiva orden de trabajo.
- Solicitar capacitación y entrenamiento para la implementación de los procedimientos, instructivos y diligenciamiento de formatos.

- Diligenciamiento de la orden de trabajo con previa autorización del Director de Operaciones y/o Jefe de Turno.
- Utilizar su EPI (equipo de protección individual.)
- Usar sus dispositivos de bloqueo en cualquier máquina o equipo que represente riesgo de accidentes al efectuar trabajos de reparaciones, mantenimiento, lubricación, limpieza, inspecciones, instalación y desmontaje en maquinaria y equipo.
- Verificar un estado de energía cero.
- Análisis de riesgos e inspección de área de trabajo.
- Asistir a los cursos específicos de Entrenamiento.

7.1.4 **INTRODUCCIÓN.** Actuando en beneficio de los trabajos y de acuerdo a las políticas de seguridad PROCEMCOL S.A.S se definen instructivos que faciliten, capaciten y sirvan de base para la implementación de los diferentes formatos, procedimientos, manuales y rutinas descritos dentro del plan de mantenimiento de los equipos de proceso.

7.1.5 DEFINICIONES

- **Formato:** El formato es el conjunto de las características técnicas y de presentación de un texto, objeto o documento en distintos ámbitos, tanto reales como virtuales. Se le llama formato a la colección de aspectos de forma y apariencia que se emplean para distinguir a una entidad de otra, en escenarios analógicos y digitales
- **Procedimiento:** Es el modo de proceder o el método que se implementa para llevar a cabo ciertas cosas, tareas o ejecutar determinadas acciones. Básicamente, el procedimiento consiste del seguimiento de una serie de pasos bien definidos que permitirán y facilitarán la realización de un trabajo de la manera más correcta y exitosa posible.
- **Instructivo:** Serie de explicaciones e instrucciones que son agrupadas, organizadas y expuestas de diferente manera, en diversos soportes, para

darle a un individuo la posibilidad de actuar de acuerdo con cómo sea requerido para cada situación. El instructivo puede ser muy variado de acuerdo con el tipo de situación que se aplique.

- **Rutas o Rutina:** Conjunto de actividades periódicas y repetitivas.
- **Cronograma:** Lista de actividades donde se recopilan el desarrollo de estas con sus respectivas fechas previstas de comienzo y final.
- **Manual:** Libro que recoge lo esencial, básico y elemental de una determinada materia o equipo.

7.1.6 DOCUMENTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

FORMATOS

- [MT-F-001 Rutas de inspección:](#) Dentro de este formato se definen las diferentes actividades de revisión y verificación del estado de los equipos de proceso sin la necesidad de intervenir dichos equipos (ruidos, temperaturas, fugas, limpieza, apariencia visual), dichas tareas de inspección deben ser realizadas por personal capacitado y de gran conocimiento de los equipos, con el fin de poder identificar las condiciones anormales de los mismos y consignar las observaciones pertinentes y/o gestionar el mantenimiento respectivo.
- [MT-F-002 Tareas eléctricas por turno:](#) es un formato donde están registradas las tareas a realizar por el eléctrico de turno de manera rutinaria.
- [MT-F-003 Rutinas de lubricación:](#) Corresponde a la lubricación periódica y programada de los diferentes equipos y/o partes, se definen fechas de acuerdo a la velocidad, horas de funcionamiento y ambiente. En este formato para cada una de las partes se define la fecha de lubricación y se toman datos de temperatura, cantidad y tipo de lubricante, teniendo un control frente a dicha actividad.

- [MT-F-004 Índices para mantenimiento](#): Formato donde se definen las diferentes variables de mantenimiento como: costos de mantenimiento, disponibilidad de equipos, tiempo medio entre fallas, total de fallas y los recursos consumidos por mes.
- [MT-F-005 Solicitud de Mantenimiento: En este formato se deja soporte escrito de los diferentes requerimientos o actividades de mantenimiento necesarias, de acuerdo a las anomalías detectadas en cualquier momento y para cualquier equipo, con el fin de informar al personal encargado, quienes deben programar la intervención a dicho equipo.](#)
- [MT-F-006 Inspección de riego eléctrico](#): Corresponde a la lista de inspección, creada para identificar los factores de riesgo eléctricos que existen en la empresa y así proponer las medidas de prevención y control.
- [MT-F-007 Actividades cuarto turno](#): Es el formato donde se definen las diferentes tareas o actividades de mantenimiento periódicas y programadas para el grupo de cuarto turno.
Estas actividades son definidas de acuerdo al análisis de fallos potenciales y los diferentes requerimientos de producción y mantenimiento.
- [MT-F-08 Rutas de inspección diaria a equipos críticos](#): Son las diferentes actividades de revisión diaria a equipos críticos, los cuales se definen por la importancia dentro del proceso y condiciones de funcionamiento.
- [MT-F-09 Préstamo de equipos móviles](#): Este formato se utiliza cuando se alquila equipo móvil como la monta carga o el cargador para llevar el registro de horas y pagar el alquiler.
- [MT-F-010 Hojas de vida de equipos](#): Corresponde al formato donde es consignado todas las actividades e intervenciones hechas a un equipo, este historial nos permite conocer los costos, los repuestos y los mayores problemas o fortalezas de cada equipo.
- [MT-F-011 Reporte de fallas](#): En este formato se describen diferentes fallas (disparos, taponamientos, pérdidas de comunicación) y demás fallas mecánicas, eléctricas y de operación; las cuales requieren la intervención del

equipo y hasta el paro del proceso, afectando así la disponibilidad y los costos de producción relacionados al equipo de proceso.

En el formato se pueden observar datos como: código del equipo, descripción de la falla, tipo de falla, materiales requeridos, acciones tomadas, estado de la falla, tiempo, fecha y hora de la falla y persona que interviene.

- [MT-F-012 Orden de trabajo](#): Formato donde se solicitan y describen los trabajos para cada uno de los equipos, trabajos que requieren la intervención, detención y mantenimiento, lo cual es previamente autorizado por el director de Proceso o Director de Mantenimiento, quienes designan las tareas, los responsables, el tiempo estimado y la prioridad. El responsable de la actividad ingresa los datos reales al ejecutar la actividad. Toda orden de trabajo debe ir acompañada del formato “MT-F-002 Lista de verificación de bloqueo y control de energías”, con el fin de tener un estándar de trabajo seguro.

PROCEDIMIENTOS

- [MT-P-001 Procedimiento de calibración de la empacadora](#): es un procedimiento que describe los cuidados y herramientas necesarias para calibrar los pesajes de las básculas de la empacadora.
- [MT-P-002 Procedimiento de bloqueo y control de energías](#): es un procedimiento de seguridad planificado que desconecta, durante la manipulación de máquinas, la fuente de energía. Este procedimiento protege a los operarios u otro personal de cualquier riesgo relacionado con el funcionamiento o manipulación accidental de equipos, además de la presencia de las diferentes clases de energía (Energía eléctrica, neumática, hidráulica, por Gravedad, Inercia, Energía almacenada, Energía especial).

- [MT-P-003 Procedimiento de activación y cambio a planta diese.](#) Este procedimiento planificado para llevar a cabo cuando hay un corte en la energía suministrada por la EBSA.
- [MT-P-001 Procedimiento de cambio de mangas en el filtro principal.](#) es un procedimiento que describe los cuidados y herramientas necesarias para cambiar las mangas del filtro principal en operación o en parada de horno.

MANUALES

- [MT-M-001 Manual de aerodeslizadores.](#)
- [MT-M-002 Manual de campana industrial.](#)
- [MT-M-003 Manual de bandas transportadoras.](#)
- [MT-M-004 Manual de tornillos sin fin.](#)
- [MT-M-005 Manual de molinos.](#)
- [MT-M-006 Manual de filtros de mangas.](#)
- [MT-M-007 Manual de elevadores de cangilones.](#)
- [MT-M-008 Manual de unidades hidráulicas.](#)
- [MT-M-009 Manual de trituradoras.](#)
- [MT-M-010 Manual de desarenador.](#)
- [MT-M-011 Manual del sistema de protección contra explosión.](#)
- [MT-M-012 Manual de refractarios.](#)
- [MT-M-013 Manual de hornos rotatorios.](#)
- [MT-M-014 Manual de bridas y juntas](#)
- [MT-M-015 Manual de ventiladores.](#)
- [MT-M-016 Manual de enfriadores de clinker.](#)

7.1.7 INSTRUCTIVO PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

[illegible]

Entonces el orden se define de la siguiente manera:

- 86

3. Identificar condiciones anormales del equipo.
4. Realizar la solicitud de mantenimiento, dejando la observación correspondiente en el formato. La solicitud debe ser presentada de forma verbal al director de mantenimiento, se debe dejar soporte de la misma, en el formato “Solicitud de Mantenimiento MT-F-005.”, el cual se pueden encontrar junto con el de “Reporte de fallas MT-F-013” en el cuarto de control de la planta PROCEMCOL SAS, disponible para todo el personal.
5. Recibida la solicitud de mantenimiento; el **Director de Mantenimiento** define la prioridad de la solicitud, programando la fecha y recursos necesarios, además de generar la Orden de Trabajo correspondiente para la solución o liberación de dicha solicitud.
 - ✓ *Nota: no todas las solicitudes de mantenimiento corresponden al área de mantenimiento, así como no todas las solicitudes requieren la generación de orden de trabajo para su liberación.*
 - ✓ *Puede haber solicitudes correspondientes al área de procesos, para lo cual se debe guiar a dicha área y es el Director de Procesos quien da pleno cumplimiento al instructivo desde el numeral 5.*
6. El Director de Mantenimiento genera la respectiva Orden de Trabajo “MT-F-014” (en formato y también en el software SIESA WEB), la cual debe estar previamente autorizada por el Director de Procesos quien autoriza la hora y fecha para la intervención del equipo y designa el Jefe de Turno encargado de coordinar el “Procedimiento de Bloqueo y Control de Energías MT-F-002” del equipo de proceso.

Dentro de la Orden de Trabajo el Director de Mantenimiento especifica las actividades requeridas, el tiempo programado, los responsables de la actividad y el rol de cada uno dentro del desarrollo de la actividad, por otro lado, es el **director** quien predispone el material y demás recursos necesarios para el buen desarrollo de la actividad.
7. La Orden de Trabajo es recibida por el responsable de la Actividad, quien de la mano con el supervisor de mantenimiento y Eléctrico asignado ejecutan el

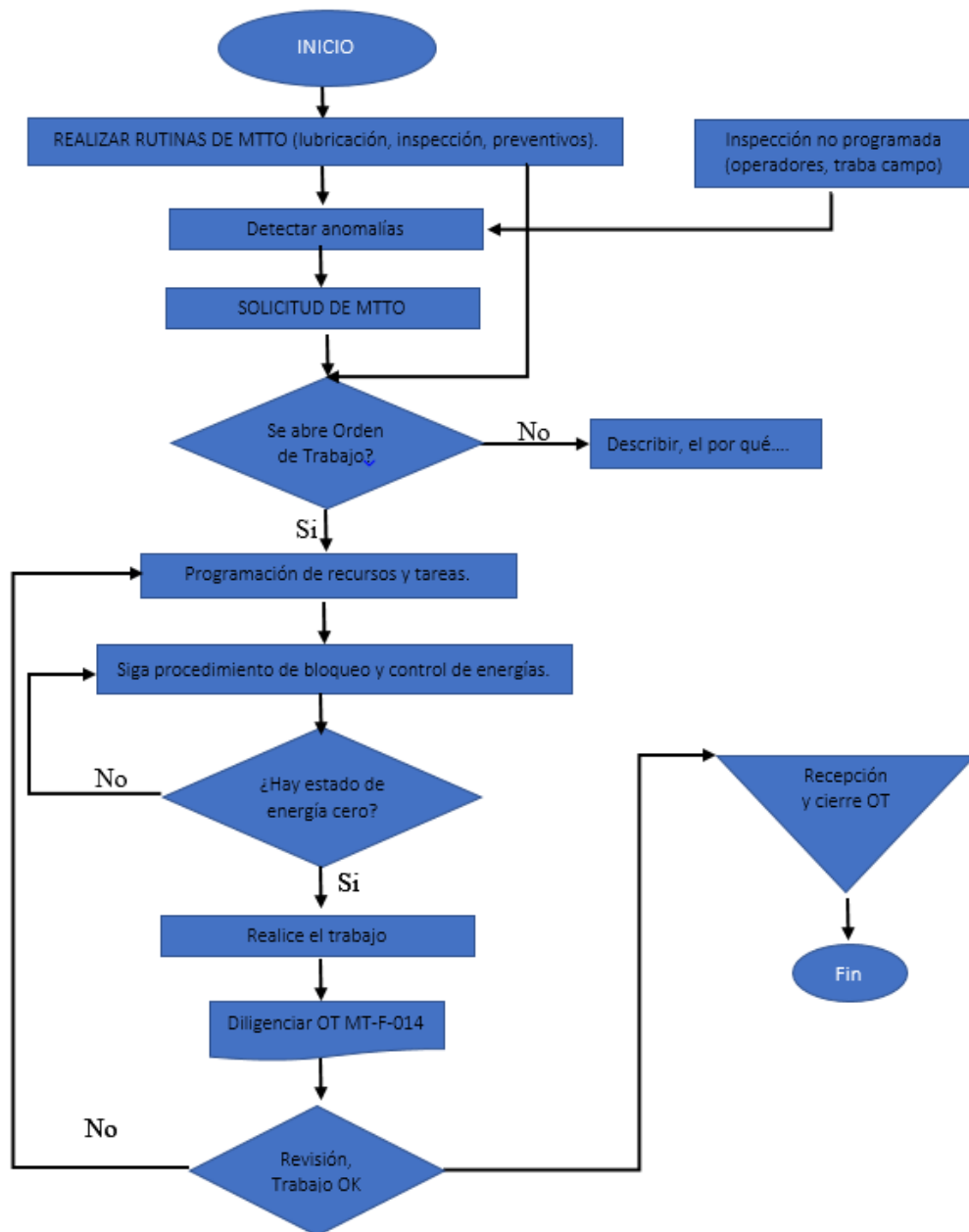
“Procedimiento de bloqueo y control de energías” MT-P-002”; con el fin de tener las condiciones de seguridad para el desarrollo de la actividad.

8. Finalizada la actividad el responsable de la Actividad describe dentro del formato MT-F-014, los trabajos realizados, el material y equipos utilizados, el tiempo de parada del proceso y las horas hombre final de la actividad.
9. El Jefe de Turno verifica el cumplimiento de las actividades solicitadas dentro la OT, luego de esto la responsable entrega la OT diligenciada al 100% al Director de Mantenimiento.
10. El Director de Mantenimiento verifica el cumplimiento y da cierre a la Orden de Trabajo, en el formato.
11. El Formato de la Orden de Trabajo “MT-F-014” ya cerrada se entrega al practicante de Mantenimiento, quien da cierre a la OT en la plataforma SIESA WEB, además es él quien consigna los datos de la intervención dentro de la hoja de vida del equipo.

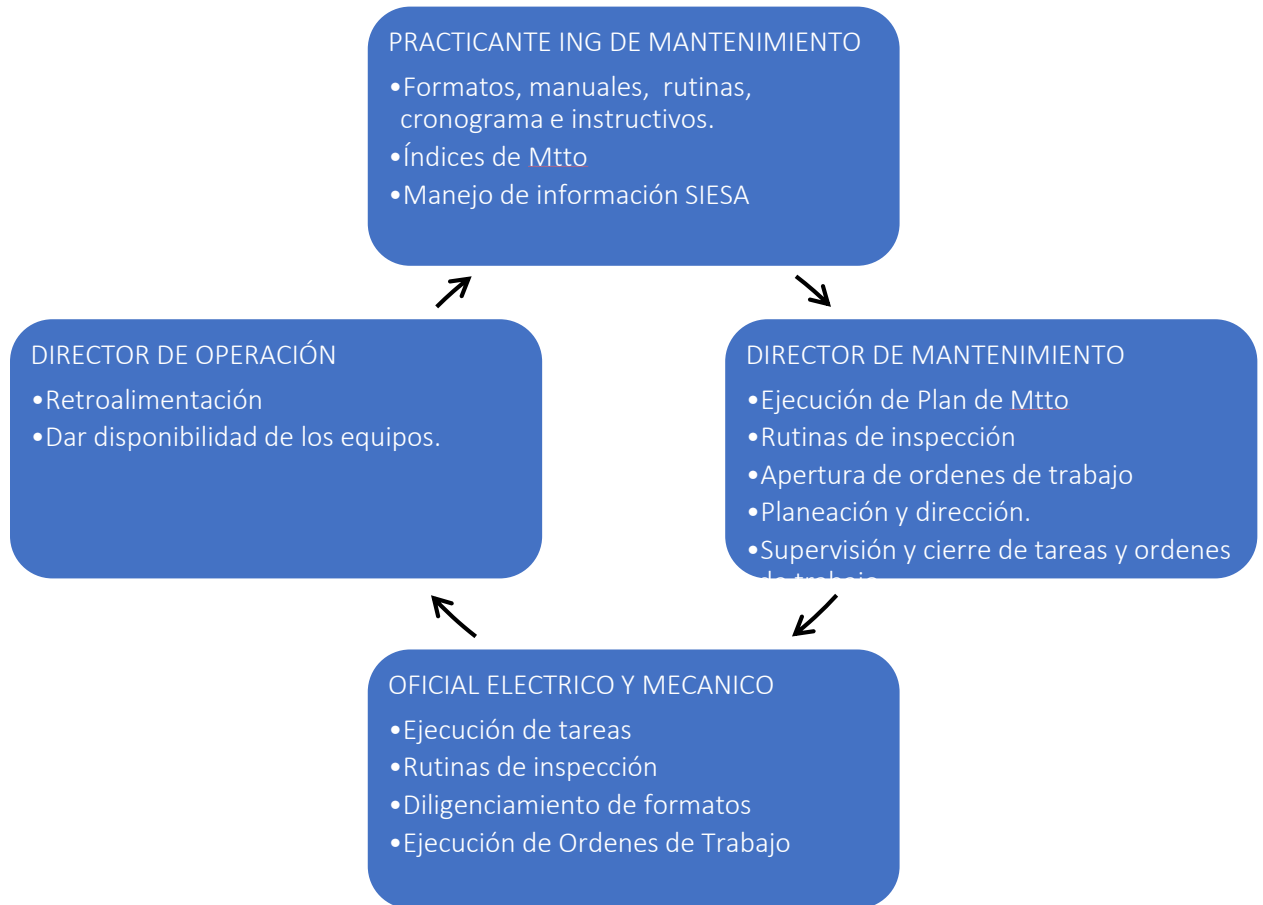
Los formatos que ya diligenciados deben ser entregados al practicante de mantenimiento quien debe:

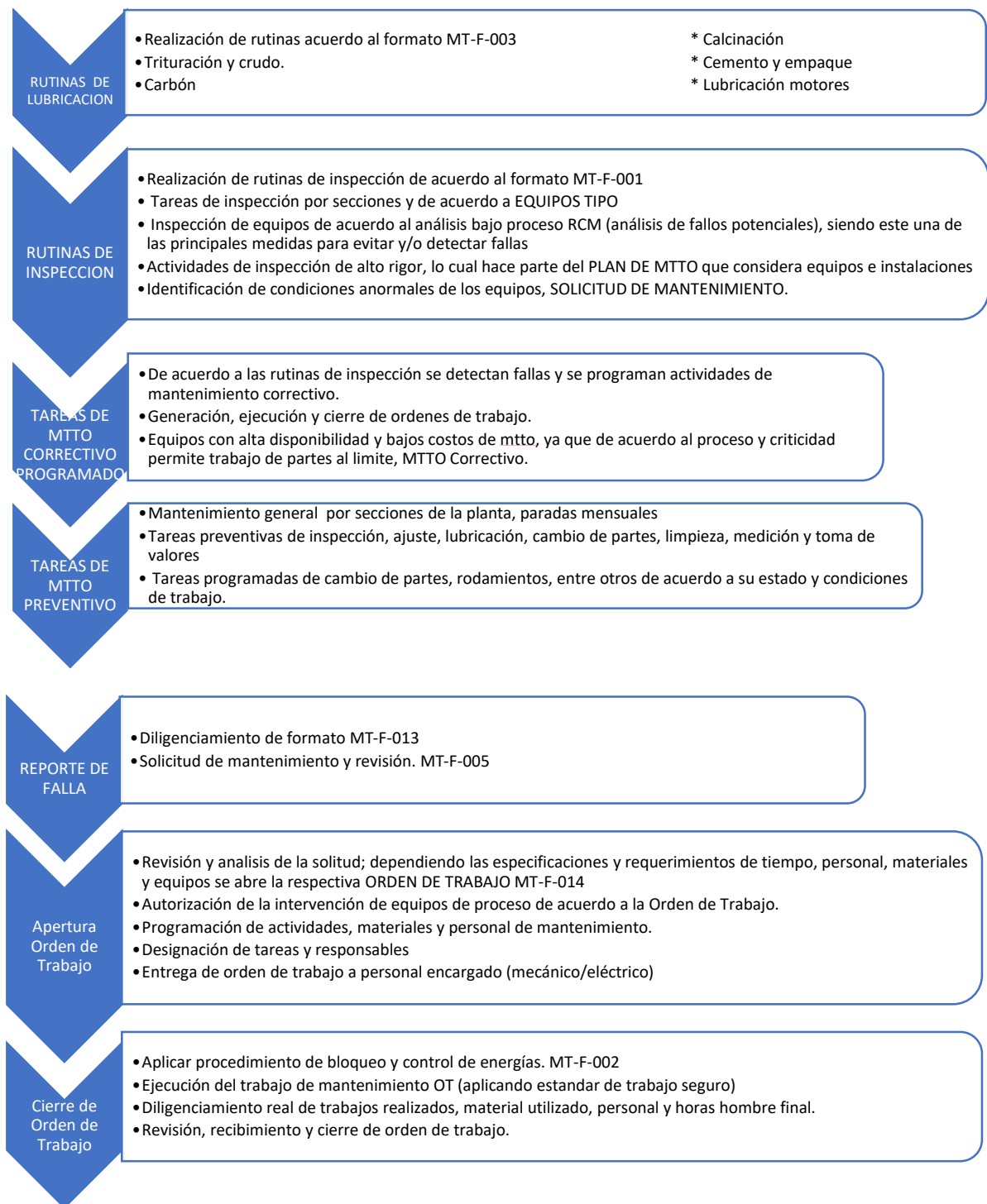
- Archivar en las carpetas y secciones correspondientes.
- Generar el archivo digital (escanear y organizar por tipo de documento, fecha y equipo)
- Llevar el control, consecutivo y registro del desarrollo de las actividades
- Extraer de los formatos MT-F-013 reportes de fallas y MT-F-014 Orden de Trabajo, la información necesaria para presentar los índices de Mantenimiento descritos en el formato “MT-F-004” Este formato es alimentado por; el reporte de fallas, Ordenes de trabajo y reporte de horas/hombre del personal de mantenimiento; por parte de recursos humanos.
- Actualizar la hoja de vida de los equipos.
- Reforzar los diferentes, formatos, manuales y procedimientos, de acuerdo a los nuevos requerimientos y observaciones a través del proceso y manejo del plan de Mantenimiento.

7.1.8 DIAGRAMA DE FLUJO/ PLAN DE MANTENIMIENTO PROCEMCOL SAS.



7.1.9 ESTRUCTURA Y ROLES DE MANTENIMIENTO.



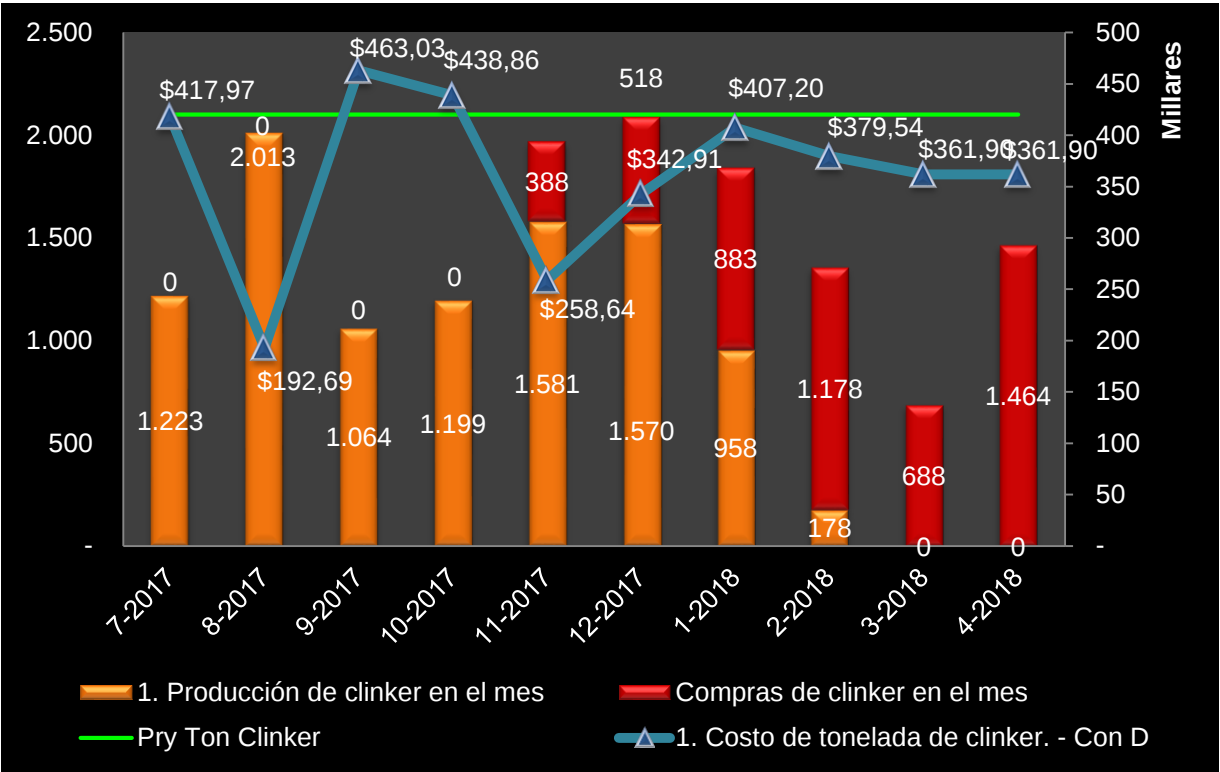


8. COSTOS DEL MANTENIMIENTO ANTERIOR VS EL ACTUAL

8.1 COMPORTAMIENTO PRODUCCIÓN DE CLINKER VS COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento de la producción de Clinker y la influencia que esta tiene con respecto al costo de producción, el único mes que se logró llegar al costo objetivo fue el mes de agosto de 2018. Debido a la baja producción de Clinker en el mes de noviembre de 2017 se inicia a comprar Clinker a proveedores externos llegando a la conclusión en el mes de febrero de 2018 apagar la línea de clinkerización porque para la compañía resultaba más rentable comprar que producir. Las continuas paradas en el área de clinkerización y la inestabilidad del proceso hicieron que no se lograran los resultados esperados.

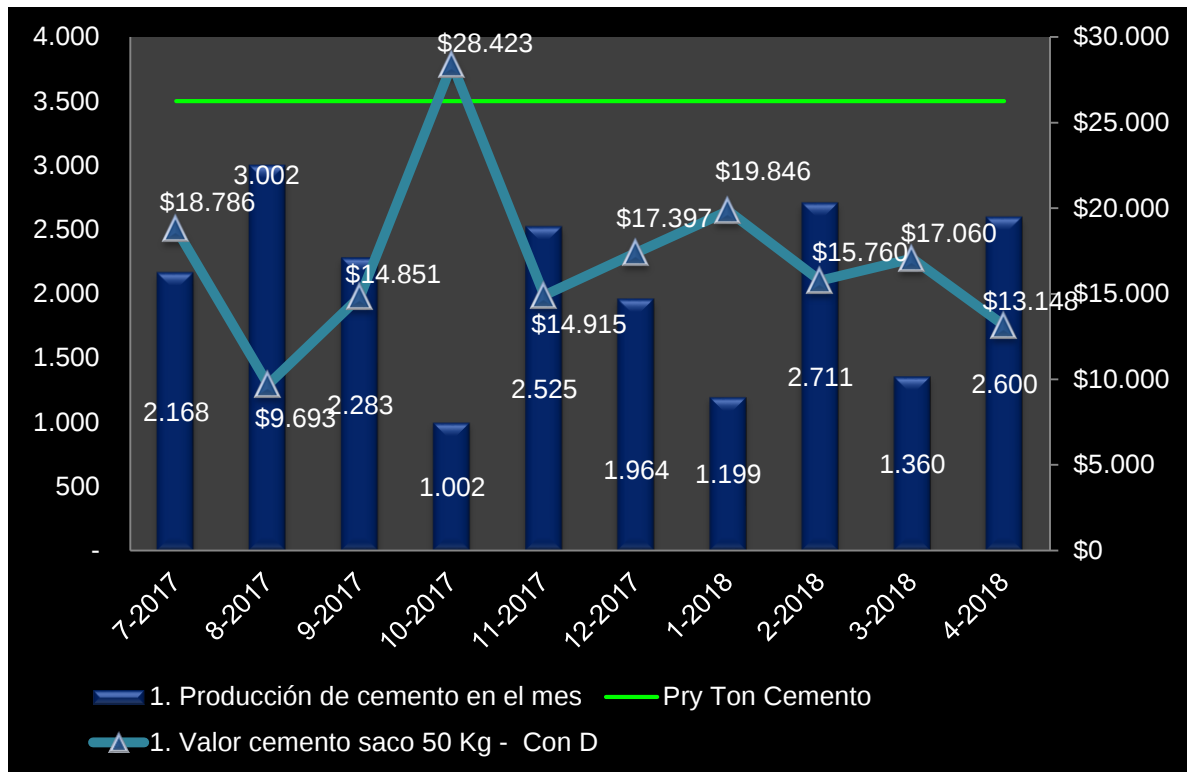
Figura 22.Producción de Clinker vs Costos de producción.



8.2 COMPORTAMIENTO PRODUCCIÓN DE CEMENTO VS COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la gráfica N. 2 se puede observar la afectación directa que se tiene al producir cemento con Clinker de alto costos obteniendo de esta manera en el mes de octubre de 2017 el costo de producción más alto de producción en la historia de cemento patriota.

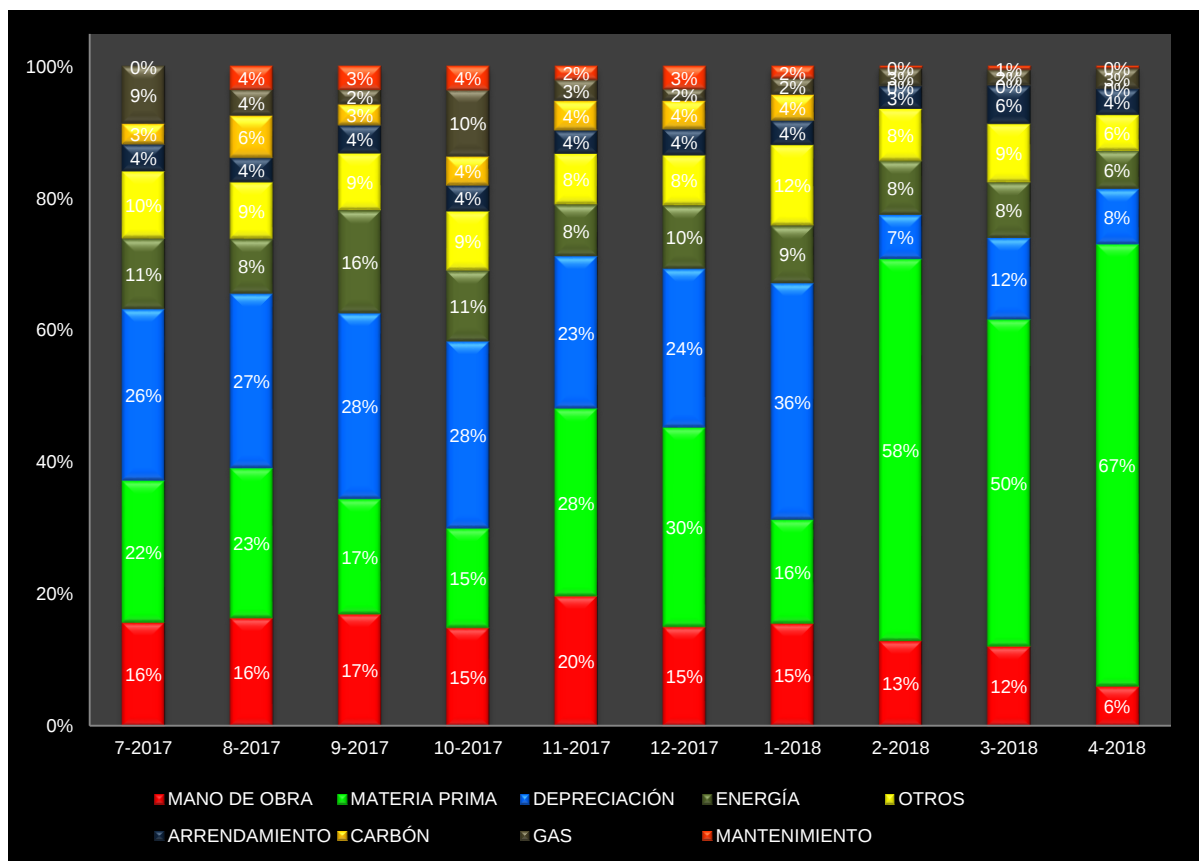
Figura 23. Producción de cemento vs Costos de producción.



COMPOSICIÓN DEL COSTO

En la gráfica N.23 se presentan los porcentajes de los ítems que afectan en mayor proporción el costo de producción de Clinker, donde se observa que los costos de mantenimiento varían del 2 al 4% en el periodo estudiado, a pesar de que estos porcentajes no son elevados con respecto al ejercicio las paradas por mantenimiento incidieron en la producción y por ende en los costos y resultados financieros de la compañía.

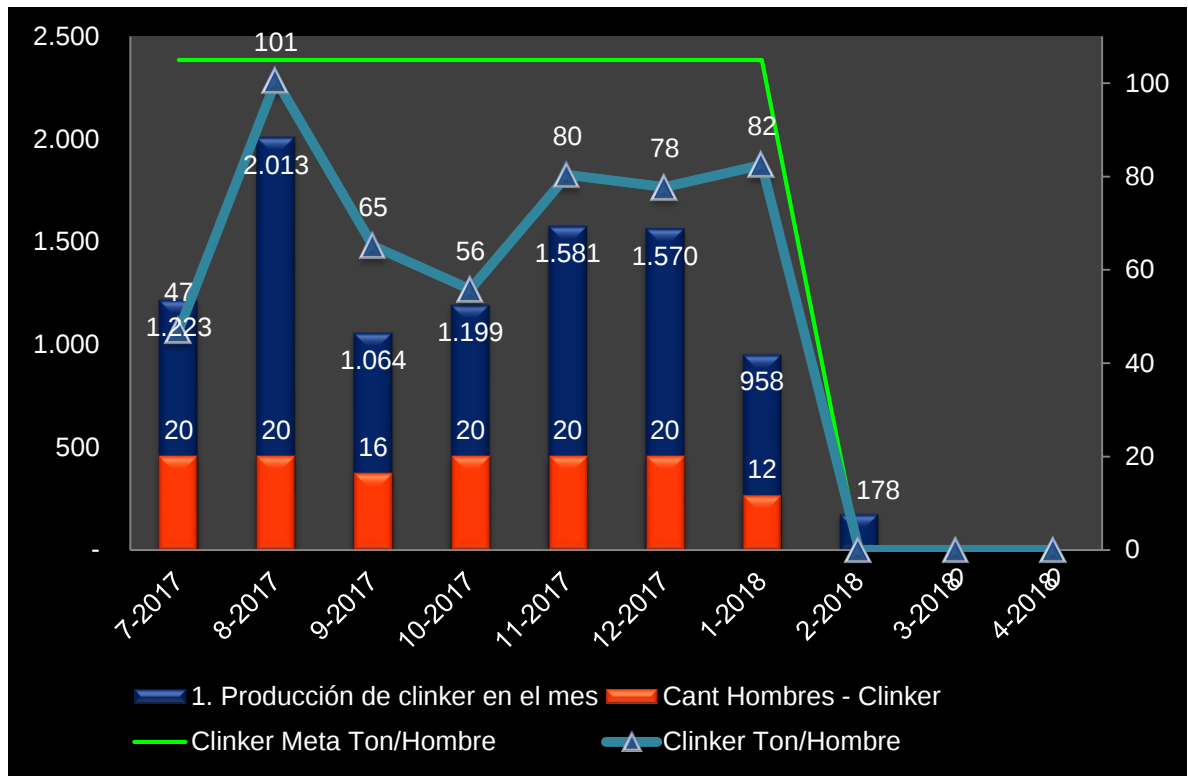
Figura 24. Ítems del costo



PRODUCTIVIDAD TON CLINKER/HOMBRE

En la gráfica N.24 se presenta la productividad ton /hombre en el área de clinkerización, donde se observa que los valores están debajo de lo proyectado en respuesta a las paradas por mantenimiento que constantemente se debían generar por la deficiente operación.

Figura 25.Productividad Ton clinker /hombre.



COSTOS PROYECTADOS

En la producción de cemento patriota se busca llegar a 167,410 COP la tonelada de Clinker y de esta manera lograr ser competitivos esto bajo un esquema de cumplimiento de la producción programada, disminución de las paradas por mantenimiento correctivo. Por otra parte, el costo objetivo de producción de bulto de cemento es de 9500 COP.

Figura 26. Porcentajes de costos de clinker.

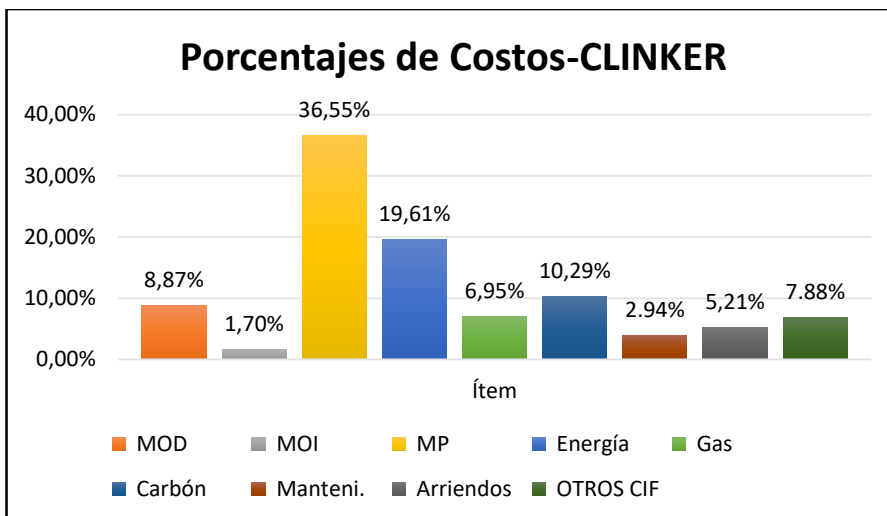
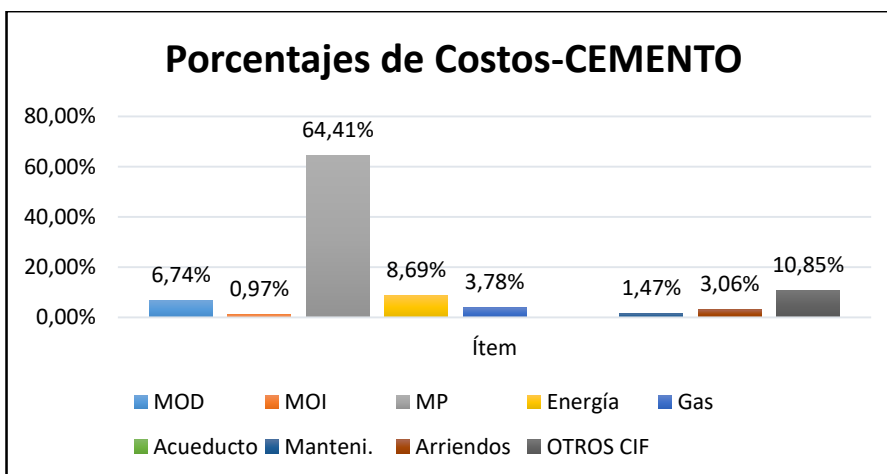


Figura 27. Porcentajes de costos de producción de cemento.



9. CONCLUSIONES

- Se identificó que a pesar que el costo de mantenimiento en el año 2017 estaba dentro de los rangos 2 al 4 %, las paradas por mantenimiento incidieron en la producción y por ende en los costos y resultados financieros de la compañía, ocasionando millonarias pérdidas, suspensión indefinida de la operación del horno y recortes de personal.
- Se identificó que a pesar que el costo de mantenimiento en el año 2017 estaba dentro de los rangos 2 al 4 %, las paradas por mantenimiento incidieron en la producción y por ende en los costos y resultados financieros de la compañía (la parada del horno genera pérdidas diarias de 13.800.00).
- Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo las paradas no programadas en el área de molienda de cemento se han controlado en su totalidad, logrando un aumento en la producción de 2081 a 3100 toneladas por mes, y una reducción del número de fallas de 20 eventos no programados en el año 2018 a 0 eventos en el 2019.
- Como resultado del trabajo desarrollado se solucionaron problemas que impedían el buen funcionamiento de la planta, como lo es la cantidad de lubricante, las frecuencias, el tipo de lubricante, la calidad del mismo; esto ocasionaba fallas y deterioro prematuro de los rodamientos y costos elevados en lubricantes; con la rutina propuesta, la selección adecuada de lubricantes y monitoreo por parte de SKF se generaron ahorros en el consumo eléctrico al pasar de 45 KW a 43KW con un ahorro de 600 pesos por tonelada de cemento.
- Fichas técnicas, formatos de solicitud y órdenes de trabajo adjuntas.

BIBLIOGRAFÍA

BARRERA AMOROCHO, Manuel Julián. Modelo de mantenimiento basado en RCM para el sistema de calefacción de los tanques de almacenamiento de la planta de asfalto de Consol, Bucaramanga. 2017

BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento preventivo, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2013

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2012.

DIAZ GUERRERO, Pedro José. Seminario I: profundización bibliográfica, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.

DIAZ GUERRERO, Pedro José. Seminario II: profundización bibliográfica, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.

Duffuaa, Salih, Campbell, Jhon Sistemas de mantenimiento, Planeación y control. Limusa Wiley, México 2009.

García Cantu, Alfonso. Enfoques prácticos para planeación y control de inventarios. Trillas, México, 2010.

González Fernández, Luis José. Eoria y práctica de mantenimiento industrial avanzado. Fundación confemetal, España 2006.

GUARIN RODRIGUEZ, Néstor Mauricio. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa producción y gestión S.A.S., Bucaramanga. 2014

Moubray, Jhon Mantenimiento centrado en confiabilidad. Aladon Ltd. Utited kingdom, 2004.

ANEXOS

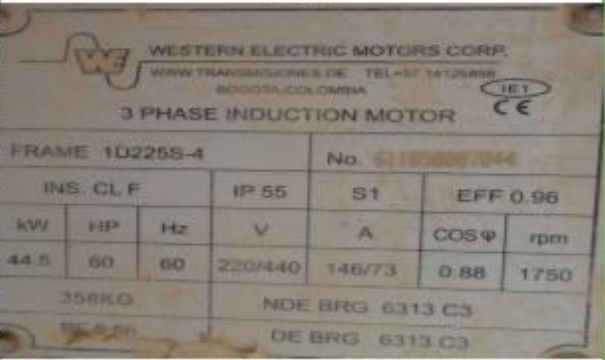
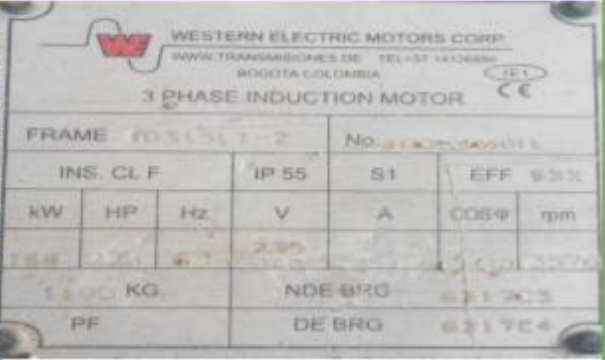
Anexo A. Orden de trabajo.

		PROCENCOL S.A.S				PAG 1 DE 1	
FECHA DE APROVACION 14/11/2018		ORDEN DE TRABAJO				MT-F-014	
						REVISION 2	
EQUIPO:		TIPO DE MANTENIMIENTO			TIPO DE ACTIVIDAD		
ÁREA:							
CÓDIGO:		CM	PM	PdM	M	E	L
NIVEL DE PRIORIDAD	EMERGENCIA:	URGENTE:			NORMAL:		PROGRAMADO:
							APLAZABLE:
Nº	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A EJECUTAR						
1							
OBSERVACIONES:							
REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS							
CANT	CODIGO	DESCRIPCIÓN				REFERENCIA/MARCA	ESTADO
Nº	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS						
PERSONAL ENCARGADO							
	NOMBRE	CARGO	# HORAS	NOMBRE	CARGO	# HORAS	
Nº de personas:	HORAS HOMBRE		ESTADO DEL PROCESO/ PLANTA			# HORAS DE PARADA	
CM: Mntt correctivo PM: Mntt Preventivo PdM: Mntt Programado M: Mecánico E: Eléctrico L: Lubricación							
REALIZADO POR			AUTORIZADO POR			RECIBIDO POR	

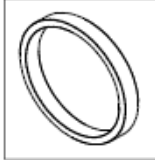
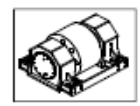
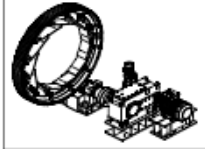
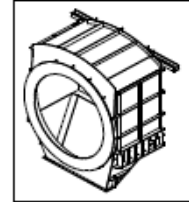
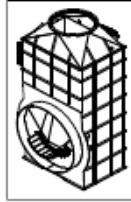
Anexo B. Cronograma torre y horno

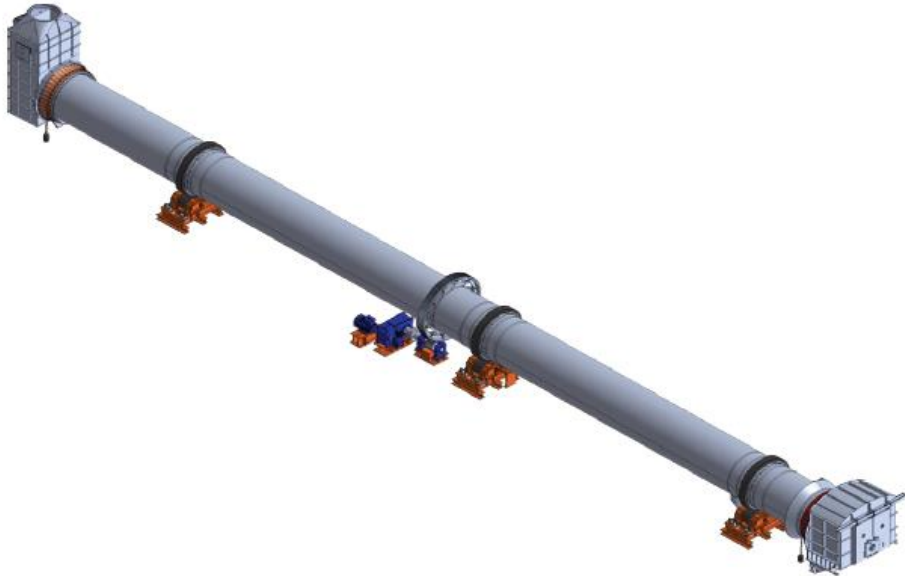
PROCEM COL S.A.S NIT: 900.882.921-7		SECCIÓN	PLAN DE MANTENIMIENTO												Hoja N° 1																																			
Torre y Horno			FRECUENCIA		Diaria	Semanal	Quincenal	mensual	Bimensual	trimestral	semestral	anual	De: 1																																					
			Seleccionada										1																																					
			MANTENIMIENTOS EJECUTADOS					MANTENIMIENTO PROGRAMADO																																										
N°	Actividades	Estado	SEMANAS																																															
			ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
LUBRICACIÓN																																																		
1	Realizar rutina de lubricación MT-F-003, equipos principales, (Horno)	P																																																
		E																																																
2	Realizar rutina de lubricación MT-F003, equipos principales, (ventiladores)	P																																																
		E																																																
3	Realizar rutina de lubricación MT-F003, equipos principales, (B. transportadoras, elevadores, etc.)	P																																																
		E																																																
4	Realizar rutina de lubricación MT-F003, equipos principales, (V. rotativas, dosificadores, etc.)	P																																																
		E																																																
5	Realizar rutina de lubricación MT-F003, motores.	P																																																
		E																																																
INSPECCIONES																																																		
5	Rutina de inspección mecánica y eléctrica MTF-001.	P																																																
		E																																																
6	Rutina de inspección mecánica y eléctrica MTF-001, MCC.	P																																																
		E																																																
7	Rutina de inspección mecánica diaria MTF-010, Horno.	P																																																
		E																																																
MANTENIMIENTO PROGRAMADO																																																		
8	Horno revisión y reparación rulos y calzas en llantas.	P																																																
		E																																																
9	Horno, revisión y ajuste analizador de gases.	P																																																
		E																																																
10	Horno, revisión y ajuste pirometro zona calcinacion.	P																																																
		E																																																
11	Horno, mantenimiento corona y piñón de ataque.	P																																																
		E																																																

Anexo C. Datos motores

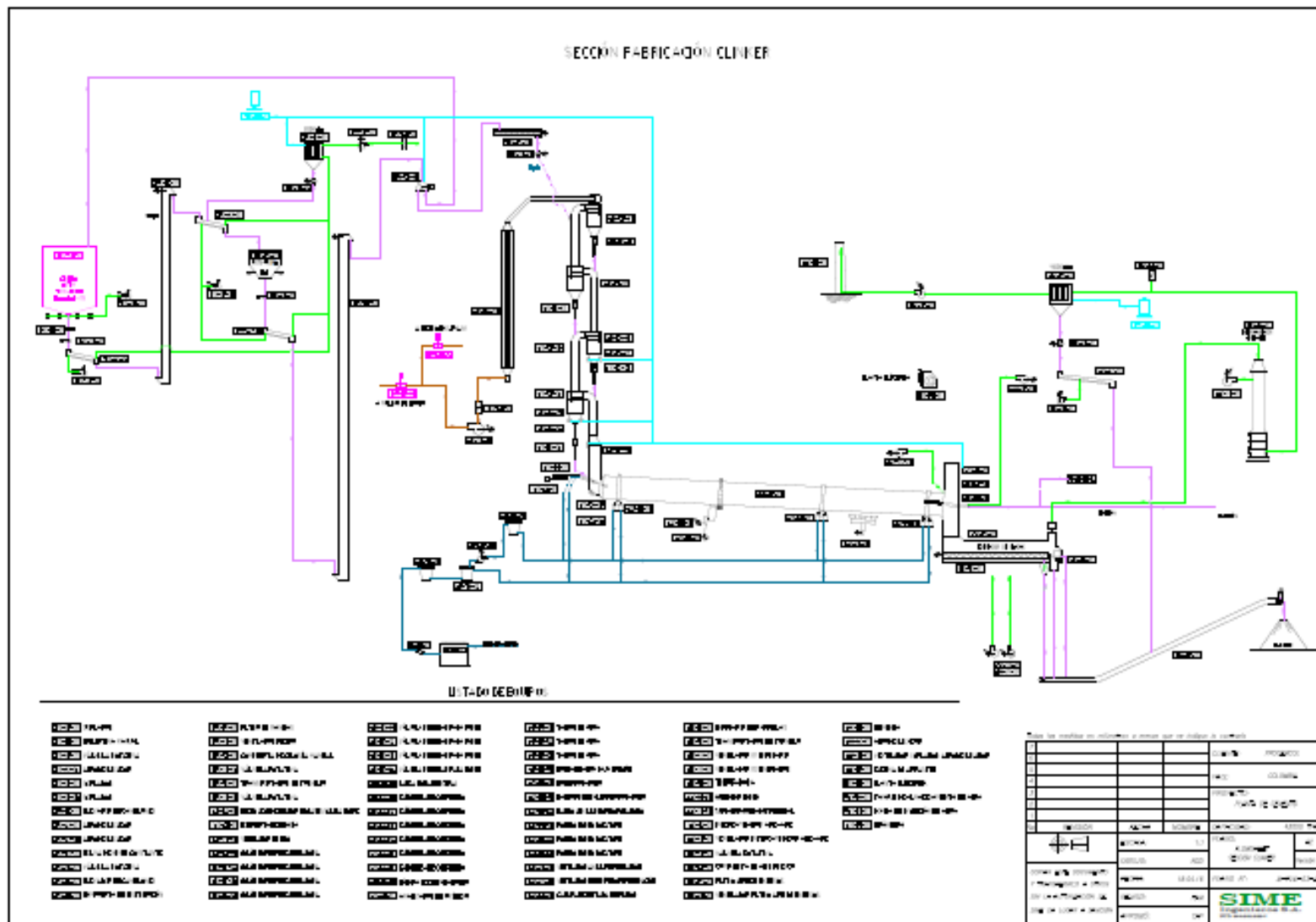
			PROCENCOL S.A.S		PAG.1
FECHA DE APROBACION 02/11/18			RUTA DE INSPECCION ELECTRICA LINEA CARBON		PP-F-002
					REVISION 1
EQUIPO	DATOS PLACA		PLACA		
280SD01	KW	45			
	HP	60			
	HZ	60			
	V	440			
	A	73			
	COSφ	0,88			
	RPM	1750			
	EFF	0,96			
	No.	611050007844			
	FRAME	1D225S-4			
	KG	358			
	NDE BRG	6313 C3			
280MO01	KW	93			
	HP	125			
	HZ	60			
	V	440			
	A	144			
	COSφ	0,87			
	RPM	1180			
	EFF	0,935			
	No.	611150007379			
	FRAME	1D280M2			
	KG	720			
	NDE BRG	6316 C3			
390VF01	KW	168			
	HP	225			
	HZ	60			
	V	440			
	A	257			
	COSφ	0,90			
	RPM	3576			
	EFF	0,950			
	No.	611050011011			
	FRAME	1D315L1-2			
	KG	1195			
	NDE BRG	6317 C3			
	DE BRG	6217C4			

Anexo D. Ficha técnica horno.

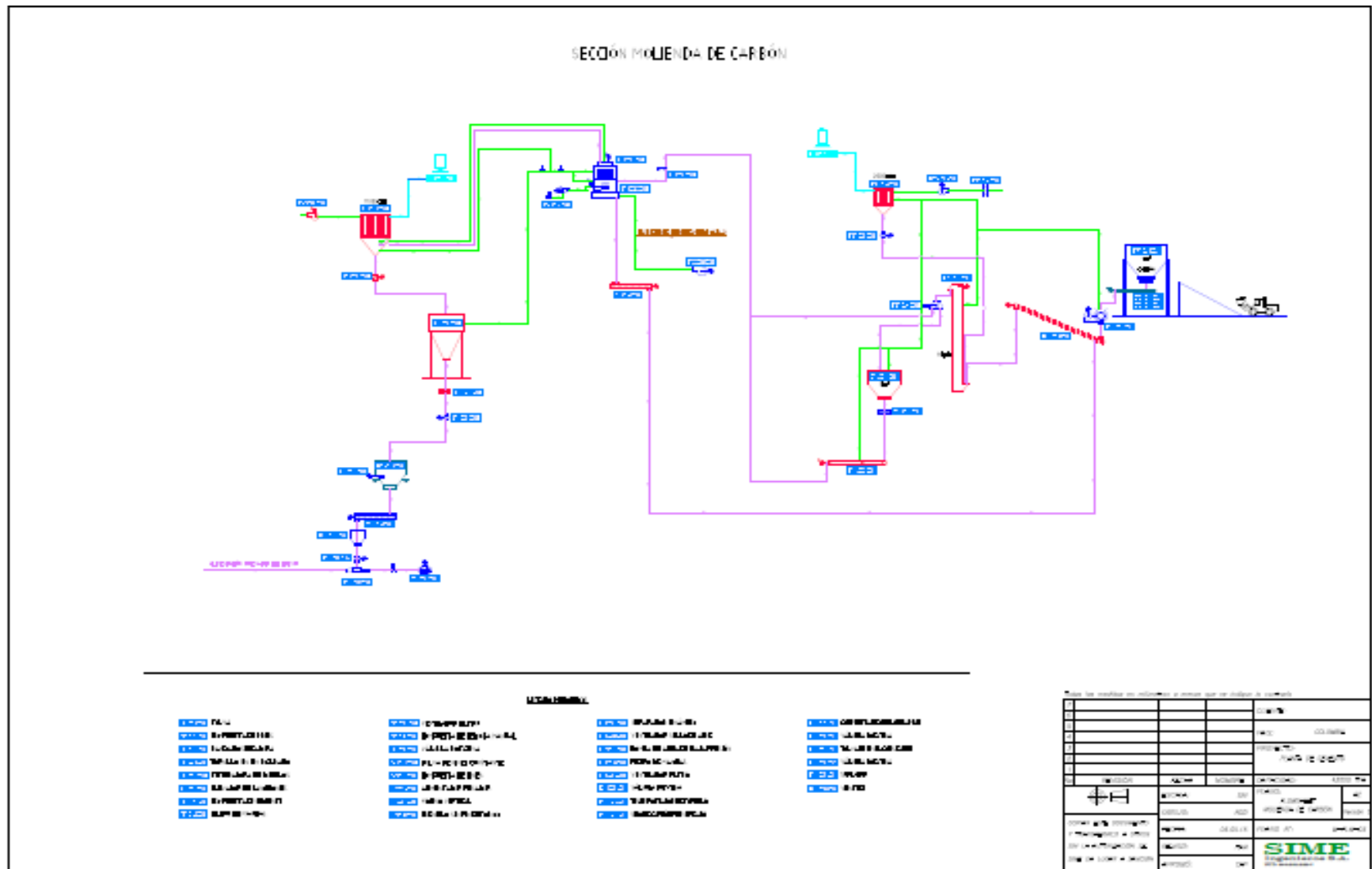
SIME Ingenieros S.A. V.M. 500-2311-2222 www.simeingenieros.com	FICHA TÉCNICA EQUIPO MECÁNICO	COTIZACIÓN VERSIÓN FECHA	CONTRATO 1 29/11/2010																												
Cliente / Proyecto: <u>PROCENCOL</u> Código del equipo: <u>420-HR-01</u>		Nombre del equipo: <u>HORNO ROTATORIO</u> Fabricante del equipo: <u>SIME INGENIEROS S.A.</u>																													
1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL A MANEJAR		ISOMÉTRICO EQUIPO       																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CARACTERÍSTICA</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Material a manejar</td> <td>CLINKER</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de la partícula (mm)</td> <td>2 - 5</td> </tr> <tr> <td>Densidad de masa (t/m³)</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>Temperatura del material (°C)</td> <td>850</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente (°C)</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>				CARACTERÍSTICA	VALOR	Material a manejar	CLINKER	Tamaño de la partícula (mm)	2 - 5	Densidad de masa (t/m³)	1,3	Temperatura del material (°C)	850	Temperatura ambiente (°C)	20																
CARACTERÍSTICA	VALOR																														
Material a manejar	CLINKER																														
Tamaño de la partícula (mm)	2 - 5																														
Densidad de masa (t/m³)	1,3																														
Temperatura del material (°C)	850																														
Temperatura ambiente (°C)	20																														
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CARACTERÍSTICA</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capacidad de transporte (tpd)</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Angulo de inclinación</td> <td>2°</td> </tr> <tr> <td>Peso aproximado con refrac (kg)</td> <td>103083</td> </tr> <tr> <td>Tipo de sello</td> <td>Lamelas</td> </tr> <tr> <td>Potencia mínima requerida</td> <td>36 kW (43 kW como mínimo para dejar un 20% de factor de seguridad)</td> </tr> <tr> <td>RPM salida eje</td> <td>20-45 rpm</td> </tr> <tr> <td>Numero de llantas</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Capilla de entrada</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Capilla de salida</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Disipador de calor</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				CARACTERÍSTICA	VALOR	Capacidad de transporte (tpd)	70	Angulo de inclinación	2°	Peso aproximado con refrac (kg)	103083	Tipo de sello	Lamelas	Potencia mínima requerida	36 kW (43 kW como mínimo para dejar un 20% de factor de seguridad)	RPM salida eje	20-45 rpm	Numero de llantas	3	Capilla de entrada	1	Capilla de salida	1	Disipador de calor	1						
CARACTERÍSTICA	VALOR																														
Capacidad de transporte (tpd)	70																														
Angulo de inclinación	2°																														
Peso aproximado con refrac (kg)	103083																														
Tipo de sello	Lamelas																														
Potencia mínima requerida	36 kW (43 kW como mínimo para dejar un 20% de factor de seguridad)																														
RPM salida eje	20-45 rpm																														
Numero de llantas	3																														
Capilla de entrada	1																														
Capilla de salida	1																														
Disipador de calor	1																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DESCRIPCION GENERAL DEL HORNO</th> </tr> <tr> <th>HORNO</th> <th>DIMENSIONES TOTAL (m)</th> <th>TOTAL SECCIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>420-HR-01</td> <td>34 Long. 1.7 día.</td> <td>N.A.</td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION GENERAL DEL HORNO			HORNO	DIMENSIONES TOTAL (m)	TOTAL SECCIONES	420-HR-01	34 Long. 1.7 día.	N.A.																					
DESCRIPCION GENERAL DEL HORNO																															
HORNO	DIMENSIONES TOTAL (m)	TOTAL SECCIONES																													
420-HR-01	34 Long. 1.7 día.	N.A.																													
2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MOTOR PRINCIPAL																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>MOTOR AC</td> <td>WESTERN ELECTRIC</td> <td>In (A)</td> <td>66</td> <td>COS φ</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>TIPO</td> <td>1D225S-4</td> <td>VOLTAJE</td> <td>440</td> <td>FLECHA</td> <td>60x140</td> </tr> <tr> <td>TAMAÑO</td> <td>225 S</td> <td>VARIEDAD DE VARIEDAD</td> <td>SI</td> <td>ASILLAMIENTO</td> <td>CLASE F</td> </tr> <tr> <td>POTENCIA</td> <td>44 Kw</td> <td>VEL. ROTACION</td> <td>1750 RPM</td> <td>PROTECCION</td> <td>IP 55</td> </tr> <tr> <td>Nº POLOS</td> <td>4</td> <td>FRECUENCIA</td> <td>60 Hz</td> <td>PESO</td> <td>338 Kg</td> </tr> </tbody> </table>		MOTOR AC	WESTERN ELECTRIC	In (A)	66	COS φ	0,85	TIPO	1D225S-4	VOLTAJE	440	FLECHA	60x140	TAMAÑO	225 S	VARIEDAD DE VARIEDAD	SI	ASILLAMIENTO	CLASE F	POTENCIA	44 Kw	VEL. ROTACION	1750 RPM	PROTECCION	IP 55	Nº POLOS	4	FRECUENCIA	60 Hz	PESO	338 Kg
MOTOR AC	WESTERN ELECTRIC	In (A)	66	COS φ	0,85																										
TIPO	1D225S-4	VOLTAJE	440	FLECHA	60x140																										
TAMAÑO	225 S	VARIEDAD DE VARIEDAD	SI	ASILLAMIENTO	CLASE F																										
POTENCIA	44 Kw	VEL. ROTACION	1750 RPM	PROTECCION	IP 55																										
Nº POLOS	4	FRECUENCIA	60 Hz	PESO	338 Kg																										
2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REDUCTOR PRINCIPAL																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>HELICOIDAL</td> <td>BONENG</td> <td>TORQUE NOMINAL</td> <td>60 KNm</td> <td>ACEITE</td> <td>85 L</td> </tr> <tr> <td>TIPO</td> <td>H3SH11-71</td> <td>RELACION NOMINAL</td> <td>71-90</td> <td>FLECHA ENTRADA</td> <td>42x70</td> </tr> <tr> <td>FLECHA SALIDA</td> <td>EJE</td> <td>VENTILADOR</td> <td>NO</td> <td>FLECHA SALIDA</td> <td>170x300</td> </tr> <tr> <td>TAM. REDUCTOR</td> <td>11</td> <td>FRENO</td> <td>NO</td> <td>PESO</td> <td>1400 Kg</td> </tr> </tbody> </table>		HELICOIDAL	BONENG	TORQUE NOMINAL	60 KNm	ACEITE	85 L	TIPO	H3SH11-71	RELACION NOMINAL	71-90	FLECHA ENTRADA	42x70	FLECHA SALIDA	EJE	VENTILADOR	NO	FLECHA SALIDA	170x300	TAM. REDUCTOR	11	FRENO	NO	PESO	1400 Kg						
HELICOIDAL	BONENG	TORQUE NOMINAL	60 KNm	ACEITE	85 L																										
TIPO	H3SH11-71	RELACION NOMINAL	71-90	FLECHA ENTRADA	42x70																										
FLECHA SALIDA	EJE	VENTILADOR	NO	FLECHA SALIDA	170x300																										
TAM. REDUCTOR	11	FRENO	NO	PESO	1400 Kg																										
2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REDUCTOR CONICO HELICOIDAL																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>MARCA</td> <td>FLENDER</td> <td>TORQUE NOMINAL</td> <td>0,8 KNm</td> <td>CAN. ACEITE</td> <td>33 L</td> </tr> <tr> <td>TIPO</td> <td>AT88-H-104-LGN</td> <td>RELACION NOMINAL</td> <td>69,78-1</td> <td>FLECHA SALIDA</td> <td>50x100</td> </tr> <tr> <td>FLECHA SALIDA</td> <td>EN EJE</td> <td>VENTILADOR</td> <td>NO</td> <td>POTENCIA</td> <td>3,6 Kw</td> </tr> <tr> <td>TAM. REDUCTOR</td> <td>88</td> <td>FRENO</td> <td>NO</td> <td>PESO</td> <td>92 Kg</td> </tr> </tbody> </table>		MARCA	FLENDER	TORQUE NOMINAL	0,8 KNm	CAN. ACEITE	33 L	TIPO	AT88-H-104-LGN	RELACION NOMINAL	69,78-1	FLECHA SALIDA	50x100	FLECHA SALIDA	EN EJE	VENTILADOR	NO	POTENCIA	3,6 Kw	TAM. REDUCTOR	88	FRENO	NO	PESO	92 Kg						
MARCA	FLENDER	TORQUE NOMINAL	0,8 KNm	CAN. ACEITE	33 L																										
TIPO	AT88-H-104-LGN	RELACION NOMINAL	69,78-1	FLECHA SALIDA	50x100																										
FLECHA SALIDA	EN EJE	VENTILADOR	NO	POTENCIA	3,6 Kw																										
TAM. REDUCTOR	88	FRENO	NO	PESO	92 Kg																										
3. ESPECIFICACIONES DE FABRICACIÓN		OBSERVACIONES ADICIONALES: 																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CARACTERÍSTICA</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calidad de la lámina cuerpo</td> <td>ASTM A36</td> </tr> <tr> <td>Calidad material Lona</td> <td>N.A.</td> </tr> <tr> <td>Limpieza</td> <td>SSPC-SP3</td> </tr> <tr> <td>Pintura Base</td> <td>Una mano de Anticorrosivo Acrílico de espesor 2 mills</td> </tr> <tr> <td>Pintura Acabado</td> <td>2 Manos de acabado poliuretano de espesor 1,5 mills cada una</td> </tr> </tbody> </table>				CARACTERÍSTICA	VALOR	Calidad de la lámina cuerpo	ASTM A36	Calidad material Lona	N.A.	Limpieza	SSPC-SP3	Pintura Base	Una mano de Anticorrosivo Acrílico de espesor 2 mills	Pintura Acabado	2 Manos de acabado poliuretano de espesor 1,5 mills cada una																
CARACTERÍSTICA	VALOR																														
Calidad de la lámina cuerpo	ASTM A36																														
Calidad material Lona	N.A.																														
Limpieza	SSPC-SP3																														
Pintura Base	Una mano de Anticorrosivo Acrílico de espesor 2 mills																														
Pintura Acabado	2 Manos de acabado poliuretano de espesor 1,5 mills cada una																														
NELSON GUTIÉRREZ Responsable Ficha Técnica (nombre y fecha)																															

FICHA TÉCNICA EQUIPO MECÁNICO		COTIZACIÓN	162011
		VERSIÓN	1
		FECHA	29/11/2010
Cliente / Proyecto: <u>PROCEMCO</u> Código del equipo: <u>420-HR-01</u>		Nombre del equipo: <u>HORNO ROTATORIO</u> Fabricante del equipo: <u>SIME INGENIEROS S.A.</u>	
			
<u>NELSON GUTIÉRREZ</u> Responsable Ficha Técnica (nombre y fecha)			

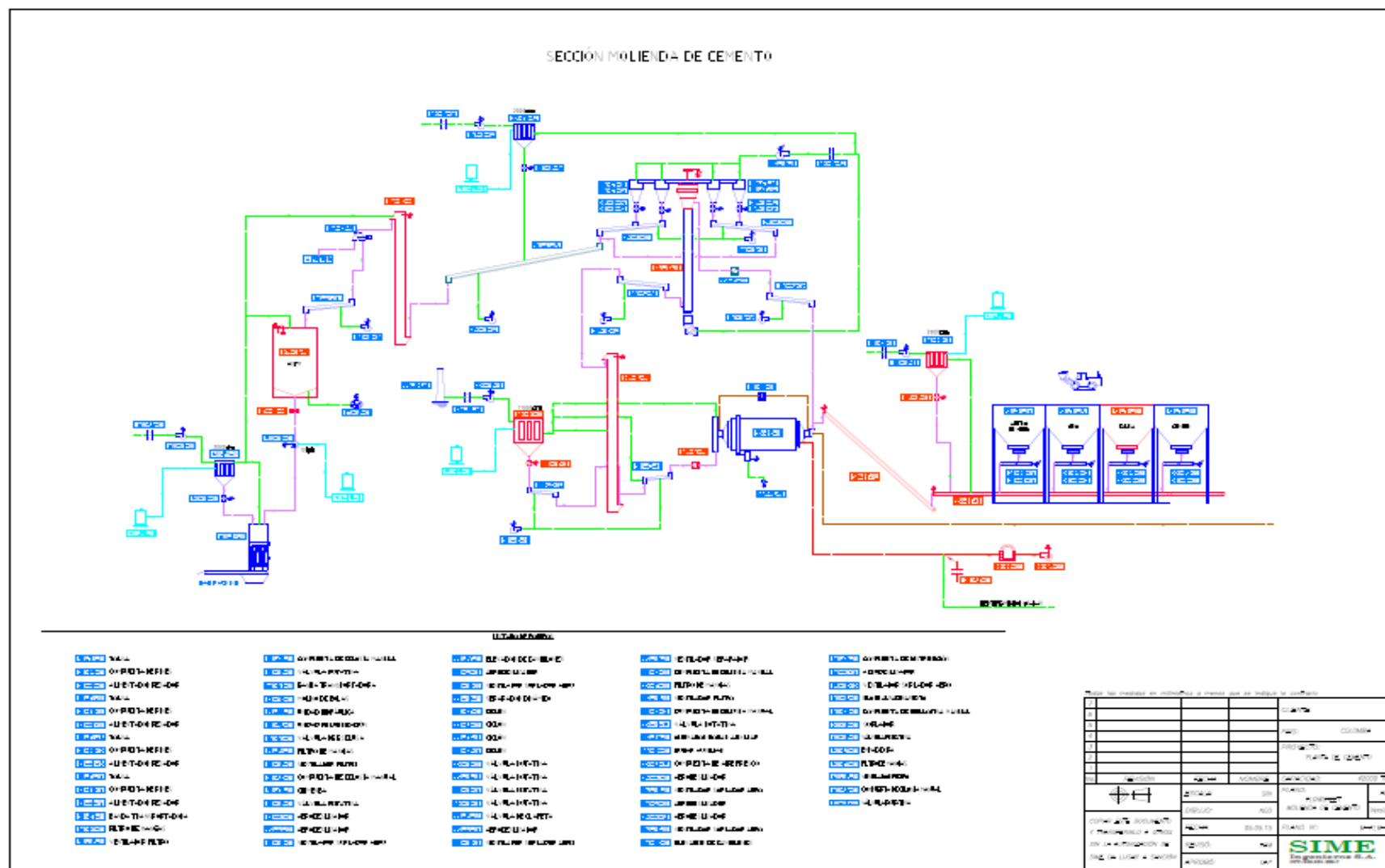
Anexo E. Flowsheet clinkerización.



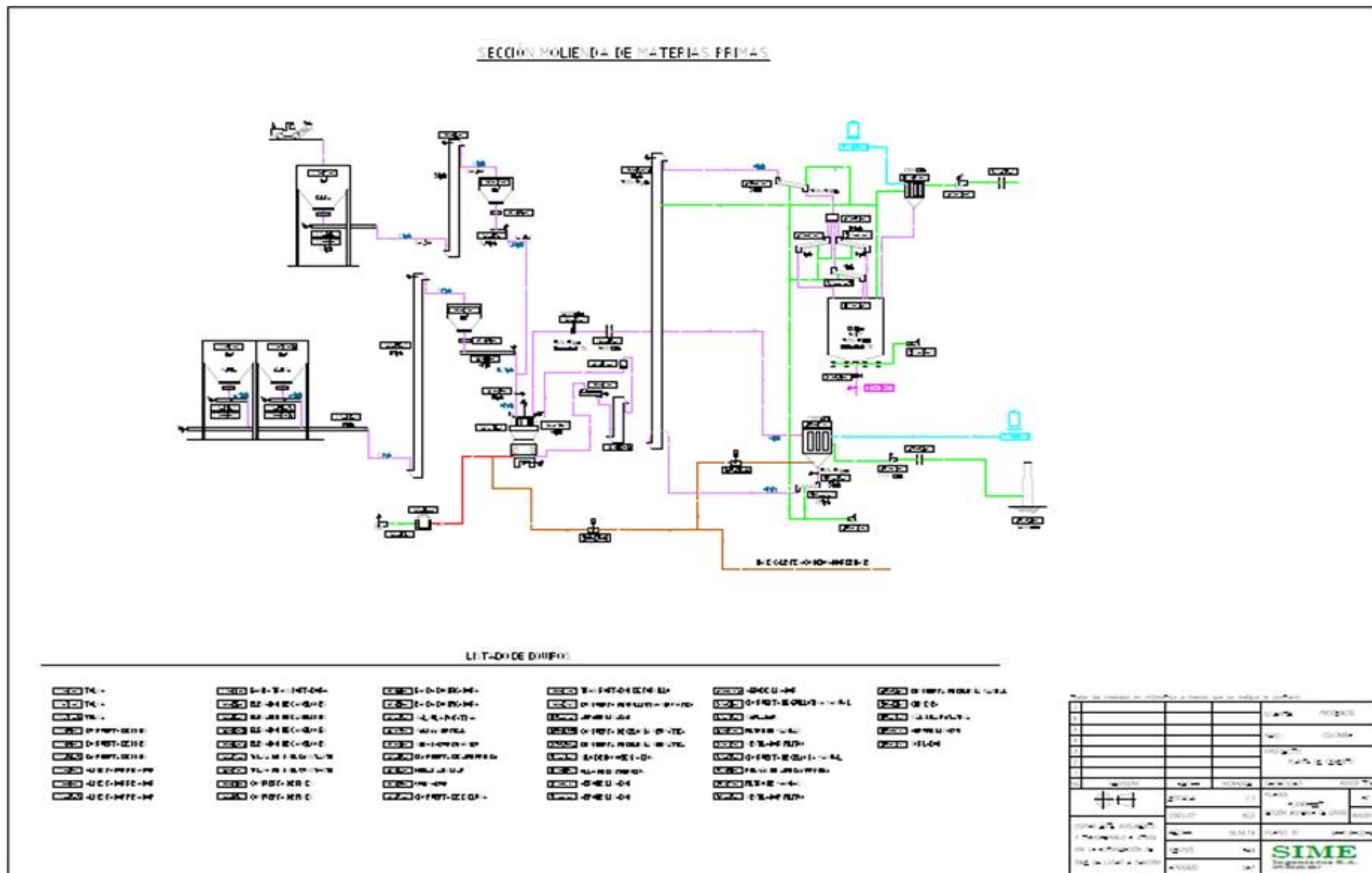
Anexo F.Flowsheet de molienda de carbón.



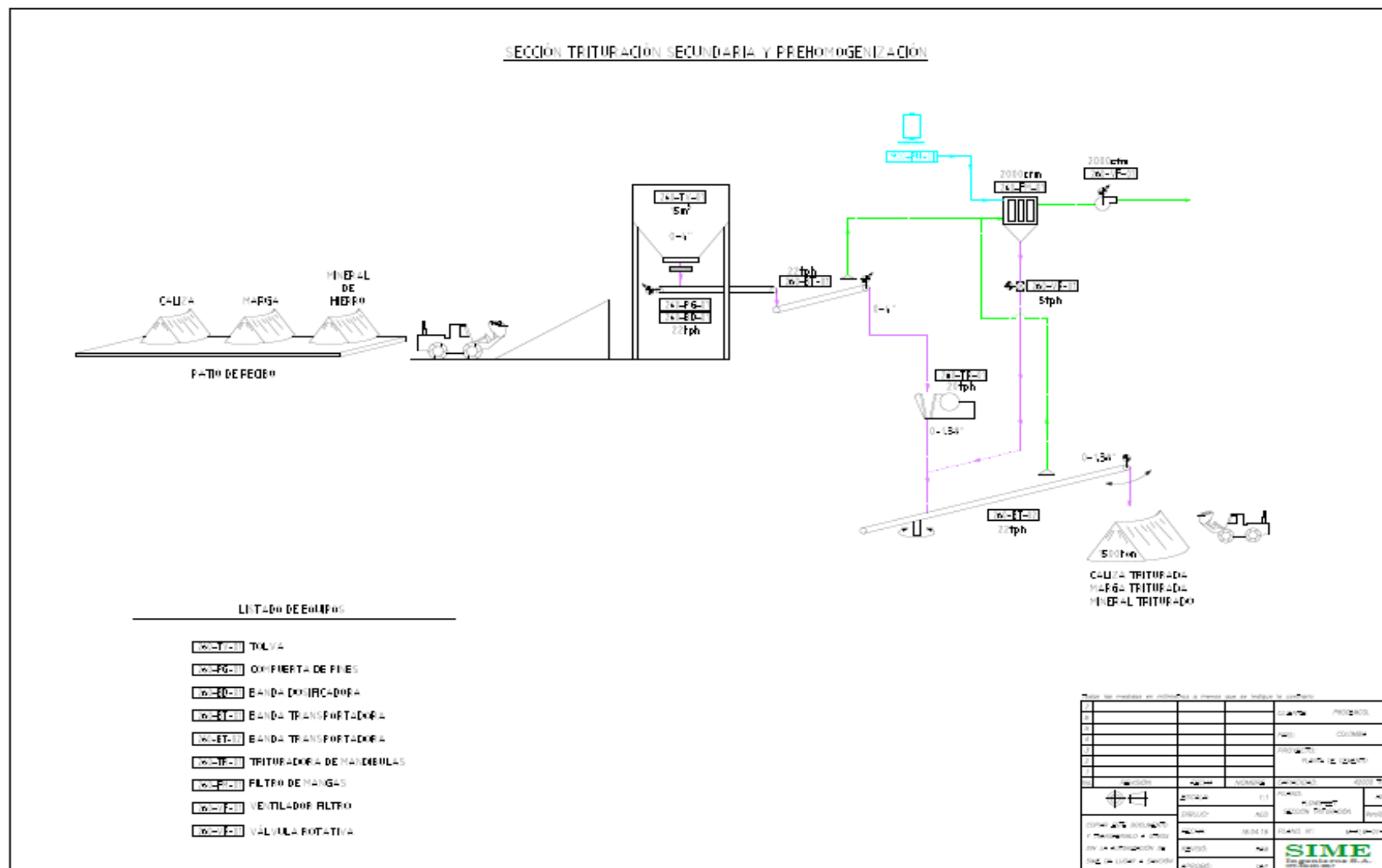
Anexo G. Flowsheet molienda de cemento.



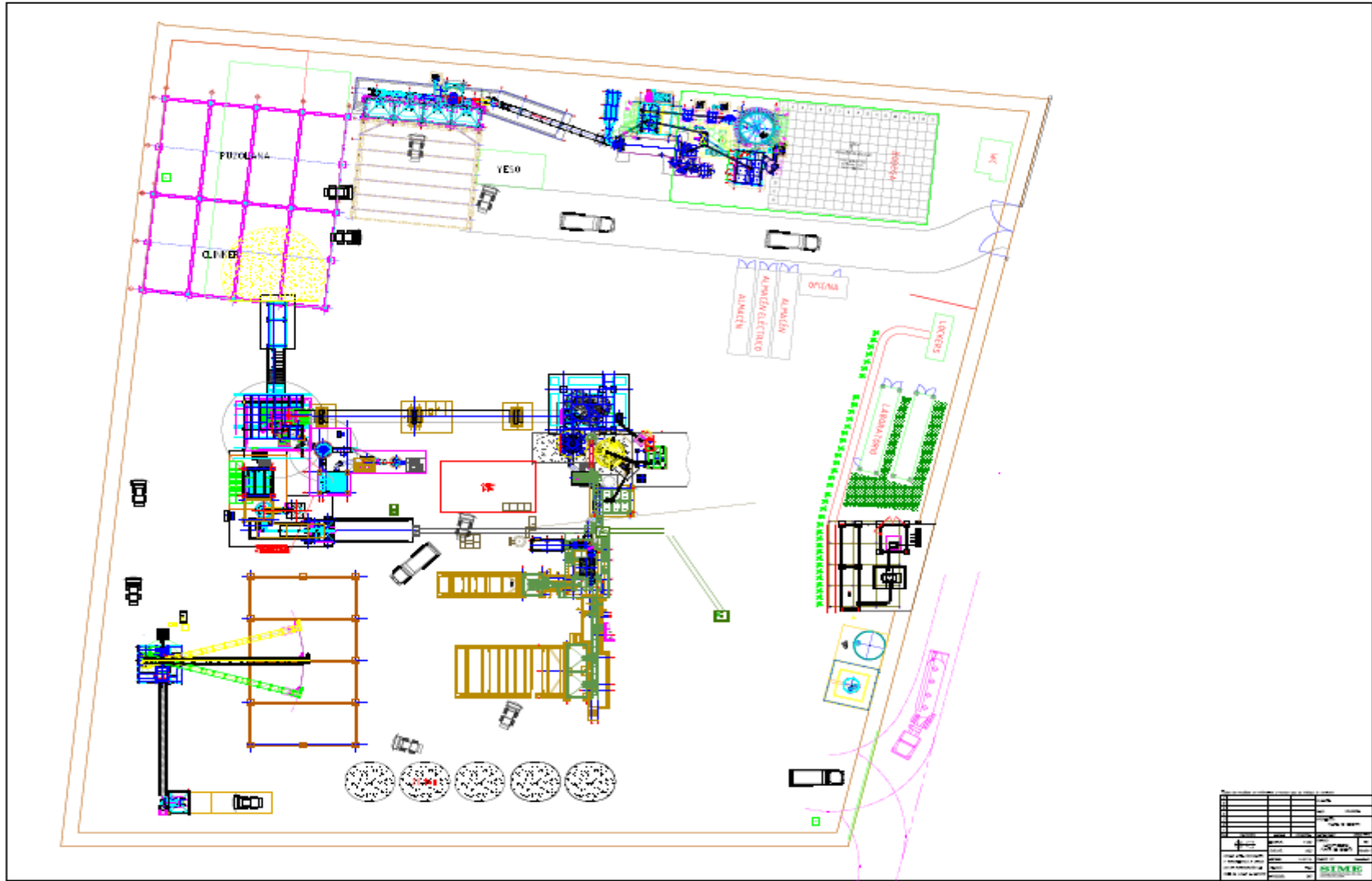
Anexo H. Flowsheet molienda de crudo.



Anexo I. Flowsheet trituración materias primas.



Anexo J. Layout de la planta.



Anexo K. Rutinas de inspección, área horno.

		PROCERCOL S.A.S			PAG.1 DE 2	
FECHA DE APROBACION 23/11/2017		RUTA DE INSPECCION MECANICA Y ELECTRICA			MT-F-001	
					REVISION 1	
SECCIÓN: HORNO		FECHA PROGRAMADA			FRECUENCIA DE REVISIÓN	MENSUAL
Estado de equipo.		Sin Fallas = OK	Falla Mecánica = FM	Falla Eléctrica = FE	Falla de operación = FOP	
SIESA	EQUIPO	UND	MEDIDA	ESTADO EQUIPO	OBSERACIONES DEL EQUIPO	
9106	CAPILLA DE ENTRADA 410-CP-01					
	1 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	2 Accesos, barreras de seguridad y señalización					
	3 Estructura y acoples					
	4 Cañon de aire comprimido 410-CA-05					
9113	HORNO ROTATORIO 420-HR-01					
	1 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	2 Accesos, barreras de seguridad y señalización					
	3 Estructura, puntos de apoyo, fijación de partes, rotación					
9114	MOTOR PRINCIPAL DEL HORNO 420-MH-01					
	1 Motor, eje, cubierta					
	2 Caja reductora, fijación, lubricación, estructura, limpieza.					
	3 Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP					
	4 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	5 Chumaceras y rodamientos					
	6 Estructura, puntos de anclaje, fijación de partes.					
	7 Accesos, barreras de seguridad y señalización					
	8 Desperdicios, fugas.					
9115	MOTOR AUXILIAR DEL HORNO 420-MH-02					
	1 Motor, eje, cubierta					
	2 Caja reductora, fijación, lubricación, estructura, limpieza.					
	3 Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP					
	4 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	5 Chumaceras y rodamientos					
	6 Estructura, puntos de anclaje, fijación de partes.					
	7 Accesos, barreras de seguridad y señalización					
	8 Desperdicios, fugas.					
9117	CHUMACERAS 420-RH-01					
	1 Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP					
	2 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	3 Lubricación, ruidos, limpieza					
	4 Refrigeración, líneas de refrigerante, placas aisladoras, temperatura					
	5 Estructura, puntos de anclaje, fijación de partes.					
9118	CHUMACERAS 420-RH-02					
	1 Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP					
	2 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	3 Lubricación, ruidos, limpieza					
	4 Refrigeración, líneas de refrigerante, placas aisladoras, temperatura					
	5 Estructura, puntos de anclaje, fijación de partes.					
9119	CHUMACERAS 420-RH-03					
	1 Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP					
	2 Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza					
	3 Lubricación, ruidos, limpieza					
	4 Refrigeración, líneas de refrigerante, placas aisladoras, temperatura					
	5 Estructura, puntos de anclaje, fijación de partes.					

9120	VENTILADOR DE LA CHAPA 420-VC-01				
1	Motor, conexiones, correas y poleas				
2	Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP				
3	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
4	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
5	Filtros y anclaje de partes.				
9121	VENTILADOR CENTRIFUGO DE REFRIGERACION 420-VS-01				
1	Motor, conexiones, correas y poleas				
2	Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP				
3	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
4	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
5	Filtros y anclaje de partes.				

9131	SOPLADOR QUEMADOR 440-VE-01				
1	Motor y equipo				
2	Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP				
3	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
4	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
5	Filtros y anclaje de partes.				
9088	TANQUE DE AGUA REFRIGERACION PIROMETRO 419-TQ-01				
1	Motor, bomba 419-BR-01 (funcionamiento, fugas, acoples, válvulas, presión, temperatura)				
2	Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP				
3	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
4	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
5	Estructura tanque, flotadores y fugas.				
9089	TANQUE DE AGUA REFRIGERACION PIROMETRO 419-TQ-02				
1	Motor, bomba 419-BR-02 (funcionamiento, fugas, acoples, válvulas, presión, temperatura)				
2	Tubería, cajas, bandejas portacables, grado IP				
3	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
4	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
5	Estructura tanque, flotadores y fugas.				
9122	CAPILLA DE SALIDA 412-CP-01				
1	Instrumentación, tablero, terminales, contactos, partes y limpieza				
2	Accesos, barreras de seguridad y señalización				
3	Estructura y acoples				

FECHA Y HORA :	
REALIZÓ :	

FECHA :	
APROBÓ :	

Anexo L. Rutina de lubricación, zona horno.

		PROCEMCOL S.A.S								PAG.1 DE 2				
FECHA DE APROBACION 17/11/2018		RUTA DE LUBRICACION EQUIPOS								MT-F-003				
ACTIVIDAD PROGRAMADA PARA LOS DIAS SABADO Y DOMINGO		MES/AÑO:		ENERO/2018		CONSECUTIVO		001						
SECCION:		CLINKERIZACIÓN		AREA:		HORNO								
CODIGO	PARTE DEL EQUIPO	SEMANA/Nº DIA				LUBRICA NTE	CANTIDAD/GRAMOS				TEMP °C			
		1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4
410VT01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
310VF01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
310VR01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
390VF02	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
390EC01	CHUMACERA 1 T MOTRIZ		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2 T MOTRIZ		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 1 T TENSOR		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2 T TENSOR		N/A		N/A			N/A		N/A				
390VR02	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
390EC02	CHUMACERA 1 T MOTRIZ													
	CHUMACERA 2 T MOTRIZ													
	CHUMACERA 1 T TENSOR													
	CHUMACERA 2 T TENSOR													
390CD01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
390TS01	CHUMACERA 1													
	CHUMACERA 2													
390VR03	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
410ES01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 3		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 4		N/A		N/A			N/A		N/A				
410ES02	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 3		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 4		N/A		N/A			N/A		N/A				
410ES03	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 3		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 4		N/A		N/A			N/A		N/A				
410ES04	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 3		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 4		N/A		N/A			N/A		N/A				
420VS01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
420VC01	CHUMACERA 1		N/A	N/A	N/A			N/A	N/A	N/A				
	CHUMACERA 2		N/A	N/A	N/A			N/A	N/A	N/A				

		PROCENCOL S.A.S								PAG.2 DE 2				
FECHA DE APROBACION		RUTA DE LUBRICACION EQUIPOS								MT-F-003				
17/11/2017										REVISION 1				
ACTIVIDAD PROGRAMADA PARA LOS DIAS SABADO Y DOMINGO			MES/AÑO:		ENERO/2018		CONSECUTIVO		001					
SECCION:		CLINKERIZACIÓN			AREA:		HORNO							
CODIGO	PARTE DEL EQUIPO	SEMANA/Nº DIA				LUBRICA NTE	CANTIDAD/GRAMOS				TEMP °C			
		1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4
420HR01	CHUMAC 1 PIÑON ATAQUE		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMAC 2 PIÑON ATAQUE		N/A		N/A			N/A		N/A				
430TS01	CHUMACERA 1													
	CHUMACERA 2													
430EN01	ENFRIADOR													
430TR01	CHUMACERA 1													
	CHUMACERA 2													
460CR01	CHUMACERA 1 T MOTRIZ		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2 T MOTRIZ		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 1 T TENSOR	LUBRICAR 2												
	CHUMACERA 2 T TENSOR	VECES/SEMANA												
	RODILLOS LADO A (14)		N/A		N/A			N/A		N/A				
	RODILLOS LADO B (14)		N/A		N/A			N/A		N/A				
430VN01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
460VR01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
460VF01	CHUMACERA 1 TURBINA													
	CHUMACERA 2 MOTOR													
460VT01	CHUMACERA 1		N/A		N/A			N/A		N/A				
	CHUMACERA 2		N/A		N/A			N/A		N/A				
440VE01	SOPLADOR		N/A		N/A			N/A		N/A				

OBSEVACIONES:

APROBÓ/ CARGO	FECHA	RESPONSABLE/ CARGO	RESIVE / CARGO	FECHA

[illegible]

CM: Mntt correctivo PM: Mntt Preventivo PdM: Mntt Programado M: Mecánico E: Eléctrico L: Lubricación

Nombre/ Cargo (quien reporta)

Jefe de Turno

Dir Operaciones o Dir de Mtto

Anexo N. Rutina de inspección diaria, equipos críticos.

		PROCENCOL S.A.S				PAG.1
FECHA DE APROBACIÓN 28/11/18		RUTA DE INSPECCION DIARIA EQUIPOS CRITICOS				MT-F-010
SECCIÓN		LÍNEA DE CLINKERIZACIÓN	FECHA/HORA:	AREA:	CRUDO +280EC02	
Día	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	TEMP °C	NIVEL DE ACEITE EN mm	ESTADO DEL ACEITE	CALIBRACIÓN MASAS EN mm	RESPONSABLE NOMBRE
L	REVISIÓN MASA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN MASA 3:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 1:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
L	REVISIÓN RASTRA 2:					
M						
M						
J						
V						
S						
D						
5	REVISIÓN REDUCTOR:					
5	REVISIÓN U. HIDRÁULICA:					

[illegible]

Anexo P. Orden de trabajo.

		PROCENCOL S.A.S				PAG 1 DE 1	
FECHA DE APROVACION 14/11/2018		ORDEN DE TRABAJO				MT-F-014	
						REVISION 2	
EQUIPO:		TIPO DE MANTENIMIENTO			TIPO DE ACTIVIDAD		FECHA DE INICIO
AREA:		CM	PM	PdM	M	E	L
CÓDIGO:							
NIVEL DE PRIORIDAD	EMERGENCIA:	URGENTE:			NORMAL:		PROGRAMADO:
							APLAZABLE:
Nº	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A EJECUTAR						
1							
OBSERVACIONES:							
REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS							
CANT	CODIGO	DESCRIPCIÓN				REFERENCIA/MARCA	ESTADO
Nº	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS						
PERSONAL ENCARGADO							
	NOMBRE	CARGO	# HORAS	NOMBRE	CARGO	# HORAS	
Nº de personas:	HORAS HOMBRE		ESTADO DEL PROCESO/ PLANTA				# HORAS DE PARADA
CM: Mntt correctivo PM: Mntt Preventivo PdM: Mntt Programado M: Mecánico E: Eléctrico L: Lubricación							
REALIZADO POR			AUTORIZADO POR			RECIBIDO POR	