

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN
PARA LA ESTANDARIZACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE TRITURACIÓN DE MINERAL DE HIERRO**

EN PAZ DEL RIO – VOTORANTIM SIDERURGIA

ELIETH ARISMENDY PEÑA

DAVID BERRIO CLAVIJO

PAOLA MORALES QUIROGA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PRODUCCION Y OPERACIONES

UNIVERSIDAD DE LA SABANA

BOGOTA, 2012

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
RESUMEN EJECUTIVO	3
PALABRAS CLAVES	3
ABSTRACT	4
KEY WORDS	4
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
2. OBJETIVO GENERAL	7
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. INTRODUCCIÓN	8
5. GLOSARIO	13
6. MARCO DE REFERENCIA	14
7. METODOLOGÍA	17
8. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN PLANTA TRITURADORA DE MINERAL DE UBALÁ	20
9. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DATOS	37
10. PROPUESTAS DE MEJORA	51
11. CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55

RESUMEN

Palabras Clave: Sistema de Gestión, Trituración de Mineral de Hierro, Siderurgia Integrada, Estandarización de procesos.

Los procesos industriales para la producción de acero mundialmente utilizados son de dos tipos: por reducción del mineral de hierro, carbón y caliza en un Alto Horno o por la fundición de chatarra en un Horno Eléctrico.

PazdelRio – Votorantim Siderúrgica (PDR) es una empresa siderúrgica integrada en la que se produce acero mediante el proceso de Alto Horno, en el cual un mayor contenido de Hierro (%Fe) del mineral utilizado genera un mayor rendimiento.

En 2008, PDR instaló una planta artesanal de trituración de mineral proveniente de Ubalá (Cundinamarca) con un contenido de hierro (Fe) del 52% al 56%, para ejecutar algunas pruebas a escala industrial del comportamiento de este en el proceso con el fin de mejorar su productividad. Luego de obtener resultados exitosos, se realizaron proyecciones financieras y de producción que involucraron la planta, la cual pasó de ser temporal a la más importante del proceso de producción de acero.

El presente trabajo pretende mostrar los resultados de la implementación de un sistema de gestión de la rutina diaria enfocado a lograr el incremento en productividad, mejoras en calidad de producto y reducción de costos para la planta de Trituración de Mineral Ubalá en PDR. Los resultados obtenidos indican que con la estandarización, medición de indicadores y variables críticas, procesos de capacitación y de concientización en los trabajadores se mejora la calidad, la utilización y se llega a una estabilización y reducción de costo de trituración unitario. Como recomendaciones se propone un sistema de secado de mineral para incrementar la productividad y un plan de gestión de mantenimiento para asegurar la confiabilidad de la planta.

ABSTRACT

Key Words: Management System, Iron Ore Crushing, Integrated steel plant, Process Standardization.

Industrial processes for production of steel worldwide used are of two types: By reduction of iron ore, coal and limestone in the blast furnace or by melting of scrap, in the Electric Furnace route. PazdelRio - Votorantim Steel (PDR) is an integrated steel plant, which produces steel by blast furnace process that is characterized by the principle that a higher content of iron (%Fe) in the lump ore generates a higher yield in the furnace.

In 2008, focused on improving productivity PDR established a plant scale of Ubalá ore (% Fe = 52...56) crushing to run some tests on an industrial scale of this behavior in the process. After successful outcomes, financial projections were made involving the production plant becoming it from temporary to the first in importance of the steel production process.

This paper aims to show the results of the implementation of a management system focused on the daily increase in productivity, product quality improvements and cost reduction for Mineral Crushing plant Ubalá in PDR. The results indicate that with the standardization, measurement and control of main indicators and critical variables, processes of training and awareness of workers in improving the quality, utilization index leads to a stabilization and reduction of crushing unitary cost. As recommendation is proposed mineral drying system to increase productivity and a maintenance management plan to ensure the reliability of the plant.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Luego de analizar la situación de partida en el desarrollo del proyecto de la Planta Trituradora de Mineral de Ubalá, se encontraron las siguientes debilidades que constituyen la justificación del presente trabajo:

LOGISTICA

- Falta de control en los recibos de mineral crudo proveniente de la Mina El Santuario, ubicada en Ubalá (Cundinamarca).
- Inexistencia de una política de inventario que permita la programación eficiente de recibo de materia prima, niveles máximos y mínimos de control.
- Ausencia de logística para control de producción: Maquinaria de transporte, Básculas para el pesaje de la producción, Análisis de Calidad de producto en proceso y de producto terminado.

GERENCIA DE INVENTARIOS

- La ausencia de básculas impide el control de inventario; usualmente se encuentran diferencias de más de un 15% entre el inventario en el sistema ERP SAP y lo registrado en el KARDEX.
- Implementación de SAP Base Seca en el manejo de los materiales de la trituradora para garantizar el control de cantidades en stock, pues la humedad es cercana al 16% para el mineral fino y 13% del mineral grueso.

NORMALIZACION Y ESTANDARIZACION

- Ausencia de documentación y de estandarización dentro del proceso productivo.
- Falta de documentos de datos, formatos, gráficos de control para variables de proceso, etc.
- Falta de gestión de la rutina diaria.

Toda esta falta de control y la importancia que hoy en día tiene esta planta productiva para la compañía, así como el compromiso con el cumplimiento en tiempo, especificación y cantidad de nuestro principal cliente (Alto Horno) constituyen la justificación para la elaboración del presente trabajo que busca la mejora del proceso de trituración de mineral de Ubalá con miras al aumento de la productividad mediante la estandarización e implementación de un sistema de gestión del proceso que lleve a mantener una producción estable, así como la ejecución de una logística eficiente de inventario para el recibo, almacenamiento y niveles máximo y mínimos de materia prima que garantice la operación normal de la planta y la satisfacción del consumidor final.

2. OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de gestión integral que permita la estandarización, control y seguimiento del proceso productivo de trituración de mineral de hierro de Ubalá, apoyándose en el sistema de gestión definido por la matriz de Votorantim y lo aprendido en la especialización, para garantizar la calidad, el cumplimiento y satisfacer las necesidades del alto horno y sinterización.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar el Sistema de Gestión de la Rutina Diaria.
- Establecer una política de inventarios que permitan la sostenibilidad del proceso.
- Medir la disminución de costos de operación después de la integración de la política de inventarios con la Gestión de la rutina Diaria.

4. INTRODUCCIÓN

Paz del Rio – Votorantim Siderurgia es la única planta productora de acero en Colombia cuyo proceso es integrado, es decir, el producto terminado (acero) se obtiene a partir de las materias primas fundamentales: minerales de Hierro, carbón y caliza. Estos minerales se alimentan a un reactor (alto horno), que opera en contracorriente y por medio de un proceso de fundición se obtiene el arrabio el cual, mediante reacciones de oxidación, se convierte posteriormente en acero.

Una de las ventajas comparativas que tiene Paz del Rio (PDR) es que posee los títulos mineros para la explotación de todos los minerales necesarios para el proceso mencionado en un radio menor de 150 Kilómetros a la redonda de su planta siderúrgica. Durante 60 años esta mina fue el símbolo de Acerías Paz del Rio dada su profundidad (20 Kilómetros bajo tierra para su exploración). A lo largo de esas 6 décadas, la producción de arrabio en la planta Siderúrgica se basó únicamente en el mineral explotado en la mina El Uvo, conocido como mineral Uvo-Uche. De esta mina y durante dicho intervalo de tiempo, se explotaron 1.550 Toneladas de mineral de hierro cada día. La composición química, factor definitorio en el comportamiento térmico del Alto Horno de este material es:

Tabla 1. Composición Química de Mineral de Hierro Grueso *Uvo-Uche* (PazdelRio, 2010)

CARACTERISTICAS	REQUISITOS
SiO ₂	12,5% máx.
Fe	44,4% máx.
CaO	4,0% máx.
FeO	18,5 – 22,5%
H ₂ O	5,0 % máx.
Mayor a 50mm	2,0% máx.
Menor a 8mm	4,0 % máx.
Mayor a 9,51	10,0% máx.

Fuente: Elaboración Propia

Con la llegada de Votorantim en el año 2088, dueño mayoritario de PDR (72.6% de las acciones), y la incursión en el mercado colombiano de firmas líderes en el sector siderúrgico (Gerdau y Ternium), que significaron una amenaza latente para

la empresa, fue necesario buscar incrementos considerables en la productividad para mantener tanto la participación en el mercado siderúrgico Colombiano (16 %), como en la producción del acero nacional (30%), e igualmente para obtener un producto terminado a un menor costo y de mejor calidad. En la búsqueda de estas mejoras Votorantim centró su atención en un yacimiento de mineral con mayor tenor de hierro en comparación con el mineral explotado en la mina El Uvo. La empresa tenía el permiso de explotación, dentro de la variedad de títulos existentes en el momento de la compra, pero no era explotado por la falta de conocimiento del mineral que se tenía (apenas hasta el año 2009 se realizaron pruebas de fusión en planta y laboratorio con este material). Este yacimiento se ubica en Municipio de Ubalá del departamento de Cundinamarca, en donde a partir del 10 de Diciembre de 2009 CORPOGUAVIO dio vía libre para la explotación minera de aproximadamente 930 mil toneladas de hierro. La composición química de este mineral es la siguiente:

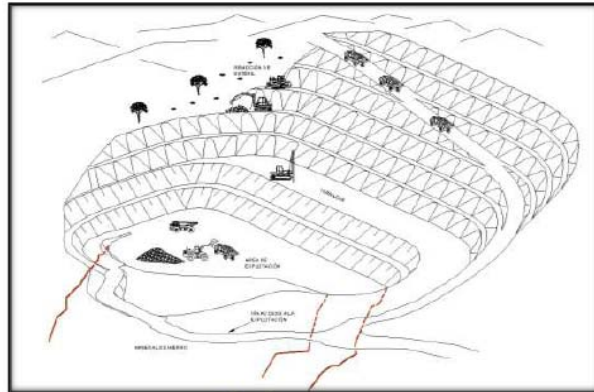
Tabla 2. Composición Química de Mineral de Hierro Grueso “Ubalá” (PazdelRio, 2010)

CARACTERISTICAS	REQUISITOS
SiO ₂	5,0 % máx.
Fe	52 – 55 %
CaO	1 % máx.
FeO	7 % máx.
H ₂ O	15,0 % máx.
Mayor a 50mm	2,0% máx.
Menor a 8mm	4,0 % máx.
Estabilidad	85

Fuente: elaboración propia

Como se puede evidenciar de la comparación entre los dos minerales, el mineral de Ubalá posee un tenor de hierro mayor que el del Uvo, además de contar con un contenido menor de impurezas (SiO₂, CaO). En la actualidad la explotación de la mina se realiza mediante contrato de operación con terceros, el desarrollo de la explotación está proyectado por el sistema a Cielo Abierto mediante el método de terrazas horizontales como lo muestra la siguiente figura:

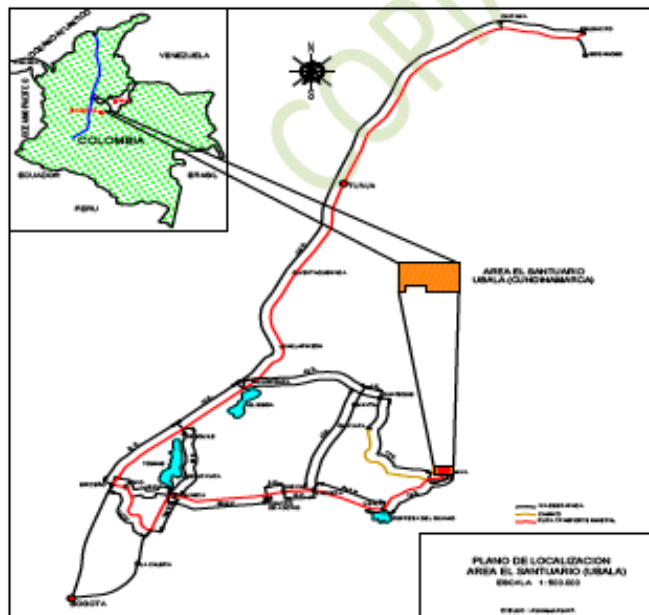
Figura 1. Explotación de Mineral por terrazas.



Fuente: Manual de Gestión Integral de calidad, Paz Del Rio Votorantim Siderurgia

En Octubre de 2008 se realizaron ensayos con el proceso de beneficio del mineral en la planta trituradora ubicada en el municipio de Paz del Río, a 280 km de Ubalá (Ver Figura No 2). Luego de ensayos exitosos para alcanzar la especificación de granulometrías necesarias para el proceso siderúrgico (8... 50 mm y 0... 8 mm), se dio inicio a la explotación y beneficio de mineral de hierro de Ubalá.

Figura 2. Ubicación de la mina El Santuario en Ubalá Cundinamarca



Fuente: Manual de Gestión Integral de calidad, Paz Del Rio Votorantim Siderurgia

En Noviembre de 2008 se inició la operación del alto horno y la máquina de Sinter utilizando mineral de hierro de Ubalá en el 20% de la carga total. Este material explotado en Cundinamarca es transportado hacia la planta de beneficio ubicada en Paz del Río (Boyacá), en donde se procesa según las especificaciones de granulometría requeridas para el proceso de fabricación de arrabio en Alto Horno y Sinter, y finalmente se transportaba hacia la planta siderúrgica en Belencito, (Nobsa, Boyacá) utilizando la vía férrea. Lo anterior, si bien significó un aumento en la producción de arrabio y una mejora en el proceso en cuanto a operación y rendimiento, también implicó costos de transporte excesivamente altos y por tanto aumento de los costos de producción de la tonelada de acero, haciendo que la compañía fuera menos competitiva en este aspecto.

Por los buenos resultados del mineral en el proceso productivo mencionados anteriormente, lo que a su vez implicaba aumentos en los costos de la compañía, en Junio de 2009 se construyó de manera temporal un equipo auxiliar para el beneficio de minerales de hierro en las instalaciones de la planta siderúrgica en Belencito (Ver Figura No 3). Luego de evaluar los resultados obtenidos, se determinó que el equipo pudo asegurar las características físicas requeridas y además contribuyó a la disminución en los costos de fabricación debido a la disminución en la distancia recorrida para el transporte del material. Actualmente, esta es la única planta de beneficio de mineral de Ubalá para la operación del Alto Horno y por ende para la producción total de PazdelRío.

Figura 3. Planta de trituración de Mineral de Ubalá instalada en Octubre de 2008.



Fuente: Elaboración propia

Este proyecto tiene como objetivo proponer un sistema de Gestión integral que permita alcanzar un proceso normalizado y controlado con estándares de calidad para cumplir con las especificaciones de los clientes internos de PDR.

Durante el desarrollo del proyecto se plantea implementar herramientas del Sistema de Gestión de Valor Votorantim que permitan la sostenibilidad y continuidad del proceso, utilizando lineamientos corporativos tales como la Gestión de la rutina diaria, Gestión a la vista, Políticas de inventarios, Políticas de calidad y Políticas de mantenimiento.

Al finalizar este proyecto se obtuvieron conclusiones y recomendaciones mediante la consolidación e integración de la planta trituradora de mineral de hierro Ubalá al sistema integrado de Paz del Rio, "Acero hecho con el corazón".

5. GLOSARIO

POVE: Planeación de la operación basado en el pronóstico de ventas

PO: Patrón Operacional, documento que describe el paso a paso de una actividad crítica dentro de un proceso.

DD: Documento de datos, documento que contiene información como indicaciones o formatos para registrar datos de proceso.

PE: Patrón de especificación, documento que describe especificaciones de productos, materias primas propias o compradas o insumos.

PG: Patrón Gerencial, documento que contiene políticas o lineamientos de la compañía sobre un tema específico.

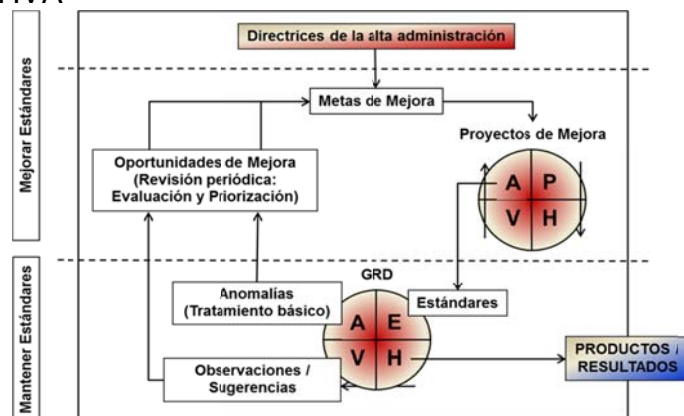
OEE (Overall Efficiency of Equipment): Es el indicador utilizado para la medición global del desempeño de una unidad productiva en PDR. Su cálculo se desarrolla como la multiplicación del índice de Utilización o Aprovechamiento, por la Disponibilidad de los Equipos y la Calidad del producto que se genera. Se llama también Eficiencia Global del Equipo o EGE.

6. MARCO DE REFERENCIA

Paz del Río – Votorantim Siderurgia (PDR-VS), está comprometida con la mejora continua de su Sistema de Gestión (SGV), buscando la excelencia en su desempeño y soportada por los principios del grupo Votorantim. Esta es una política clara que busca proporcionar productos y servicios que atiendan y satisfagan las necesidades de los clientes, actuando en todas sus actividades de manera segura y responsable, respetando a las personas y al medio ambiente.

La adopción de un modelo estructurado de gestión con foco en la creación de valor, es fundamental. Por esto, en línea con las directrices del SGV (Vicepresidencia de Competitividad y Gestión, 2010), que prevé la identificación y la utilización de las mejores prácticas internas y externas del Grupo Votorantim, se tiene un sistema estructurado, con sus respectivos conceptos, metodologías e indicadores; fundamentado en el ciclo PHVA (FACOLNI, 2004), prácticas y metodologías estudiadas a fondo en el transcurso de la Especialización en Gerencia de Producción y Operaciones de la Universidad de la Sabana.

Figura 4: Ciclo PHVA



Fuente: www.ccalidad.org

Algunos de los objetivos principales del Sistema de Gestión son:

- Establecer un instrumento para la sinergia de mejores prácticas, buscando el mejoramiento del desempeño de la gestión en toda la empresa.

- Proporcionar una visión conjunta de la cadena de procesos y del conjunto de prácticas, herramientas y metodologías de gestión que contribuirá a la creación de valor.
- Alinear el lenguaje y estandarizar las acciones.
- Facilitar la integración de nuevos colaboradores.
- Propiciar una visión global e integrada del Sistema de Gestión PDR-VS.
- Garantizar el alineamiento e integración de todas las áreas de la Empresa.
- Contar con una herramienta de soporte del sistema de Gestión de PDR-VS, para efectuar auditorías internas y externas que permitan mejorar continuamente la eficacia del sistema.

El sistema de gestión Votorantim incluye una serie de códigos de estandarización que se presentan en la siguiente figura:

Figura 5: Siglas de estandarización, control interno



Fuente: Propia

Para entender los códigos de normalización internos se tiene el siguiente ejemplo:

PG-VSPDR-MAP-001

En donde:

- **PG:** Clase de documento a normalizar para este caso *Patrón Gerencial*
- **VSPDR:** Corresponde a la unidad de negocio a la que pertenece el documento *Votorantim Siderurgia Paz del Rio*
- **MAP:** Área a la que pertenece el documento, *Materias Primas*
- **001:** Consecutivo interno

7. METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos se plantearon las siguientes actividades divididas en tres grandes conjuntos:

a) Revisión bibliográfica y planteamiento de la metodología inicial.

Actividad 1: Búsqueda de información en la literatura con miras a profundizar sobre el tema.

Actividad 2: Identificar las variables de entrada del proceso las cuales serán objeto de estudio durante el desarrollo del proyecto

Actividad 3: Formulación del cronograma de actividades y determinación de los temas a estudiar a lo largo del proyecto

b) Implementación del Sistema

Elaboración de los documentos soportes para la implementación del sistema de valor Votorantim.

Actividad 1: Elaboración de los documentos soportes

De acuerdo al estudio de las variables del proceso se elaboran documentos como Mapas de proceso, Descripción de negocio y Patrón de proceso, los cuales son el punto de partida para iniciar la estandarización del proceso.

Actividad 2: Crear las políticas de calidad

Dentro de las políticas de calidad se incluye: generación y definición de patrones de especificación, puntos y rutinas de muestreo para los productos.

Actividad 3: Implementar Gestión a la Vista

Definir e implementar los indicadores que permitirán controlar el proceso. Igualmente definir los criterios que permiten abrir acciones correctivas y preventivas que dan pie a mejoras en el proceso.

Actividad 4: Control y manejo de inventarios

Implementar el sistema de control y manejo de inventarios que permita garantizar la continuidad del proceso de trituración y disminuya las diferencias que se presentan entre el stock físico y kárdex.

Actividad 5: Plan de mantenimiento

Definición y priorización de los equipos según la criticidad de cada uno para encontrar de esta forma los repuestos más críticos y desarrollar una metodología de inventarios para estos de tal forma que no se vuelvan a presentar paros por faltantes o sobre inventario en los almacenes.

c) Análisis de datos y redacción del informe final.

- Realizar la compilación de la información encontrada y finalmente y analizar los resultados obtenidos a lo largo de todo el proyecto.
- Redactar el informe final del proyecto.

8. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN PLANTA TRITURADORA DE MINERAL DE UBALÁ

Se realizó identificación de las variables de control mediante la aplicación del MAPA DE PROCESO TRITURADORA DE MINERAL DE UBALA; el cual fué objeto de estudio en el desarrollo del proyecto.

La línea específica de producción fue fragmentada en 3 etapas para facilitar el diseño y desarrollo del trabajo (ver figura 6).

Para la estandarización del proceso de trituración se adoptó la metodología del sistema de gestión de valor Votorantim.

El primer paso fue la realización del flujo grama del proceso, la definición de las tareas prioritarias, creación de los procedimientos operacionales estándar (*Standard Operation Procedure- SOP*).

Figura 6. Mapa de procesos de la Planta Trituradora de Mineral de Ubalá

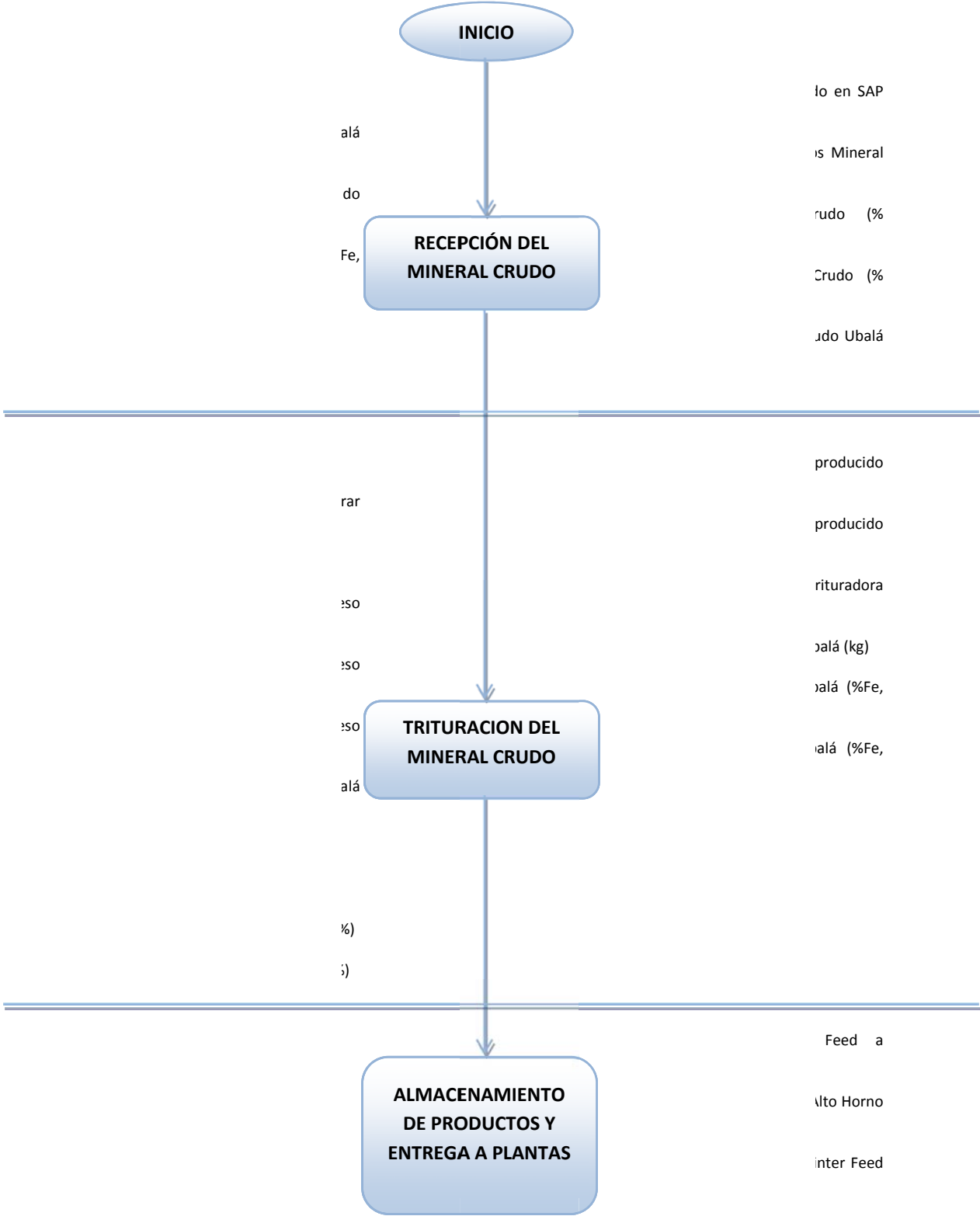


Tabla 3. Flujoograma de procesos

Flujoograma	Tareas	Número de personas que trabajan en el área	Nivel de prioridad de la tarea	Orden de estandarización	Prioridad para la fase "Arreglando la casa"
Recepción de la materia Prima	Notificación de entradas al sistema	8	1	6	2
Control de calidad de la materia prima recibida	Políticas de calidad	8	2	4	
Alistamiento de la planta trituradora	Procedimientos estándar	14	5	2	
trituration del mineral	Procedimientos estándar	8	3	1	1
Control de calidad del producto terminado	Políticas de calidad	8	4	5	
Control de producción e inventario de producto conforme	Políticas de inventario	10	6	3	3
Control de Entrega a clientes	Certificado en cuanto a especificaciones del producto entregado	16	7	7	4

Fuente: Elaboración propia

8.1 ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE DOCUMENTOS

De acuerdo al estudio de las variables del proceso se elaboraron documentos como Mapas de proceso, Documentos de datos y Patrón de proceso, los cuales son el punto de partida para iniciar la estandarización del proceso.

8.1.1 Trituración del mineral

Elaboración e implementación del documento de datos *MAPA DE PROCESO DE TRITURADORA DE MINERAL UBALÁ*, este documento define las variables de entrada y salida de las diferentes etapas que componen el sistema, estas variables fueron objeto de estudio y control durante la implementación del sistema de gestión y las prácticas de mejoras continuas.

- **Código de normalización:** DD-VSPDR-MAP-091
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

Elaboración e implementación del patrón operacional *PROCESAMIENTO DE MINERAL CRUDO UBALA PARA LA OBTENCIÓN DE MINERAL FINO Y MINERAL GRUESO UBALÁ “SINTER FEED Y LUMP ORE”*. Este documento describe el paso a paso de las operaciones generales que ocurren durante todo el proceso de trituración de mineral de Ubalá, los responsables de cada una de las acciones. Tiene como objetivos principales el cumplimiento en calidad del mineral fino y grueso de Ubalá *“Sinter Feed y Lump Ore”* a entregar a las plantas consumidoras y atender los requerimientos de producción establecidos en el *POVE*.

- **Código de normalización:** PO-VS-PDR-MAP-017
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

Elaboración e implementación de documento de datos *INFORME DE TURNO TRITURADORA UBALA*. Este documento recopila la información durante un turno de producción, relacionando las principales variables de control de la línea de producción: Kg de producción en base seca, consumos de materia prima, horas de

maquinaria contratada, tiempo de paradas, índice OEE¹ índice de utilización, cumplimientos en calidad, rendimiento metálico, índice de eficiencia, productividad y costo de trituración, además calcula los datos acumulados para control de cumplimientos de producción. Incluir descripción del OEE.

- **Código de normalización:** DD-VSPDR-MAP-029
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

8.1.2 Alistamiento de la planta trituradora

Elaboración e implementación del patrón operacional *PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN TRITURADORA DE MINERAL UBALA*. Este documento contiene el paso a paso de la lista de verificación que se debe realizar antes de iniciar operación en la planta, describe el procedimiento correcto de arranque con la secuencia de encendido óptima para garantizar el buen funcionamiento de los equipos. Tiene como objetivos principales la obtención de una producción de 1700 toneladas/día trituradas de mineral crudo, mantener el stock de seguridad de Mineral Grueso en los patios del Alto Horno y Mineral Fino en los patios de Mezcla para Sinter.

- **Código de normalización:** PO-VS-PDR-MAP-016
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

¹ OEE (**Overall Efficiency of Equipment**): Es el indicador utilizado para la medición global del desempeño de una unidad productiva en PDR. Su cálculo se desarrolla como la multiplicación del **índice de Utilización** (Tiempo Operación/Tiempo Disponible); **Índice de Calidad** (Producto Conforme/Producción Total); **Rendimiento Metálico** (Producción/Materia Prima Consumida); **Índice de Eficiencia** (Productividad/Productividad Patrón)

8.1.3 Control de producción e inventario de mineral de Ubalá

Elaboración e implementación del patrón gerencial *CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIAS PRIMAS A GRANEL*. En este documento se define la metodología “*first in – first out*”, como la herramienta apropiada para control logístico del inventario del recibo y almacenamiento de las materias primas a granel, utilizadas en el proceso siderúrgico. Esta metodología consiste en el almacenamiento ordenado y cíclico de las materias primas que son recibidas de los diferentes proveedores en un patio de entrada.

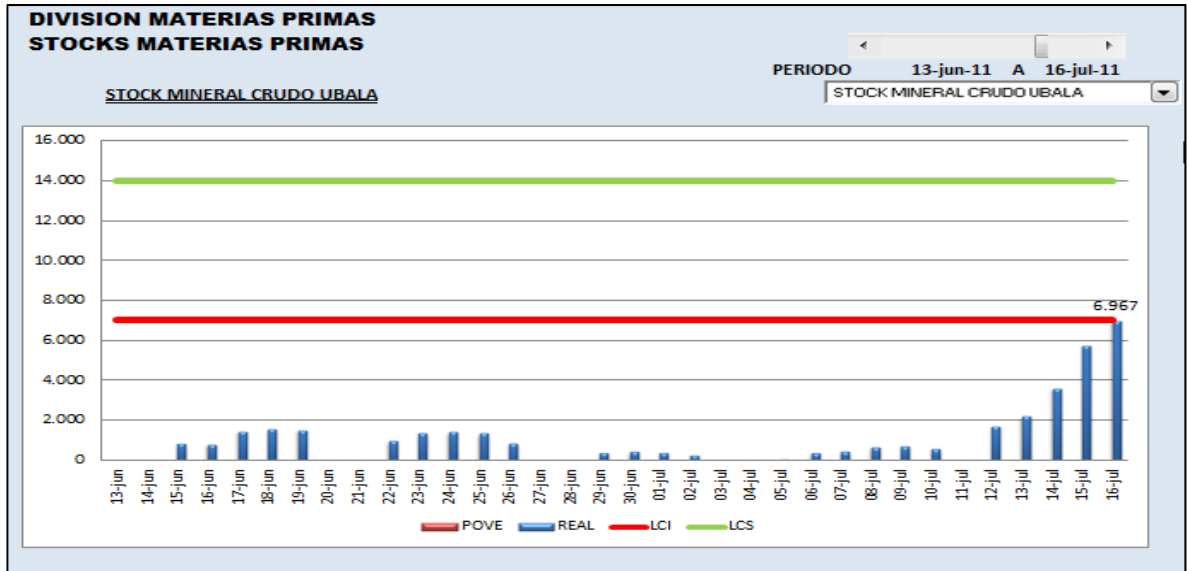
Estos materiales son almacenados en este mismo lugar hasta que el patio de salida (otro lugar físico de la planta donde se recibieron los materiales en un periodo de tiempo anterior), sea agotado completamente por el proceso que consume el material. Cada vez que se inicia a consumir una nueva pila, inmediatamente se inicia a conformar la otra.

Cada pila de material conformada, debe contar con una carpeta física que sirve como soporte de los movimientos realizados con el material que ingresó y salió de cada pila soportado con tiquetes de báscula.

- **Código de normalización:** PG-VSPDR-MAP-002
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

Para el seguimiento del comportamiento del stock de los minerales se generaron graficas de control, con estas graficas se evalúa constantemente la tendencia del stock con la opción de reaccionar en el tiempo correcto a cualquier emergencia que se presente, estos planes de acción son elaborados de acuerdo a los resultados obtenidos una vez aplicada la metodología Ishikawa para el análisis de cusa raíz de la desviación encontrada.

Figura 7. Control del stock de Mineral Crudo Ubalá



Fuente: Elaboración propia

8.1.4 Control de calidad de materia prima recibida y producto terminado

Para determinar y controlar la calidad del mineral de Ubalá (recibido y entregado a los clientes finales) se determinó e implementó la siguiente ruta de muestreo:

Tabla 3. Ruta de muestreos Mineral de Ubalá

TRITURADORA DE MINERAL UBALA	TRES TURNOS DEL DIA	MATERIAL	LUGAR	RESPONSABLE DEL MUESTREO	HORA DE MUESTREO	ANÁLISIS A REALIZAR POR PARTE DE LABORATORIO	CANTIDAD DE LA MUESTRA
		MINERAL CRUDO UBALÁ	Descargue de camiones Trituradora Ubalá	Operador materias primas trituradora	Una vez transcurrido medio turno de producción	Análisis granulométrico % Oversize	35 kg (aprox.)
		CAMIONES ALEATORIOS				% Undersize según tipo de material y Patrones de Especificación	
		MINERAL GRUESO UBALÁ	Trituradora Ubalá - Caída banda grueso			%Fe, %SiO ₂ , %Al ₂ O ₃ , %P, %Mn, %PPC, %FeO, %H ₂ O	
		MINERAL FINO UBALÁ	Trituradora Ubalá - Caída criba Fino				

Fuente: Elaboración propia

Elaboración e implementación del patrón operacional *PROCEDIMIENTO MUESTREO DE MINERAL TRITURADORA UBALA*. Este documento establece el


procedimiento correcto para el muestreo de materiales a granel en puntos de descargue, puntos de transferencia y pilas en formación y consumo del mineral de Ubalá.

- **Código de normalización:** Por definir
- **Área:** Materias Primas y Control de Calidad

Adicionalmente fue necesaria la implementación de tarjetas de muestreo para identificación de las muestras, Documento de datos *MUESTREO MATERIA PRIMA*

- **Código de normalización:** DD-VSPDR-MAP-008
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

Figura 7. Formato de identificación de toma de Muestras

	VSPDR						Código:	DD-VSPDR-MAP-008
	Documento de Datos						Revisión:	2.0
	Título: MUESTREO DE MATERIA PRIMA						Área:	Materias Primas
							Páginas:	1 de 1

TIPO DE MATERIAL MUESTREADO							CLASE	
Seleccionar con una "X" el tipo de material							Especifique la clase de Material	
CARBÓN	CALIZA	MINERAL DE HIERRO	SINTER	COQUE	CHATARRA	ESCORIA FERTILIZANTES		
		X						
N° LOTE			CANTIDAD LOTE A MUESTREAR (kg)	HORA MUESTRA (00:00-24:00)		RECIBIDO POR:		
DÍA	MES	AÑO						
		2011				RESPONSABLE MUESTREO		
SITIO DE MUESTREO			PUNTO DE MUESTREO					
							NORMA MUESTREO: ASTM: _____	

Fuente: Elaboración propia

Para la presentación de resultados y su posterior utilización en el seguimiento y análisis de datos se creó el documento de datos *CONTROL DE GRANULOMETRIA DE MINERALES*.

- **Código de normalización:** DD-VSPDR-MAP-019
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

8.1.5 Recepción de la materia prima

Elaboración e implementación del patrón operacional *NOTIFICACION DE PRODUCCION TRITURADORA UBALA EN SAP*. Este documento describe el paso a paso para la correcta notificación de los recibos de mineral crudo Ubalá, producción de Grueso Ubalá “*Lump ore*” y traslado a la planta de Alto Honro, producción de Fino Ubalá “*sinter Feed*” y traslado a la planta de Mezcla para Sinter. Este documento tiene como objetivos la confiabilidad en la información consignada en el sistema SAP, asegurar un stock de mineral grueso y fino de Ubalá coincidente con el stock físico y asegurar consumos confiables de mineral crudo Ubalá.

- **Código de normalización:** PO-VSPDR-MAP-006
- **Revisión:** 1
- **Área:** Materias Primas

8.1.6 Entrega a clientes

La implementación del sistema de gestión tiene como objetivo general el cumplimiento en seguridad, cantidad, calidad y tiempo correcto de las especificaciones del mineral requeridas por el cliente final.

Se definieron, elaboraron e implementaron dos documentos en común acuerdo con los clientes finales del producto, conocidos como Patrones de especificación de *MINERAL DE HIERRO GRUESO UBALÁ “Lump Ore”* y *MINERAL DE HIERRO FINO UBALÁ “Sinter Feed”* los cuales contemplan las características de calidad que debe cumplir el Mineral de Hierro.

- **Código de normalización:** PE-VSPDR-CAL-040
- **Revisión:** 1
- **Área:** Control de Calidad
- **Código de normalización:** PE-VSPDR-CAL-041
- **Revisión:** 1
- **Área:** Control de Calidad

Este documento contiene las especificaciones físicas y químicas que debe cumplir el mineral grueso y fino de Ubalá “*Lump Ore y Sinter Feed*” para su correcto funcionamiento en la operación de producción de arrabio líquido en la planta Alto Horno y de Sinter en la planta de Sinterización. Indica los parámetros de control los cuales deben ser criterios de aceptación y rechazo en el producto terminado, al igual, que los parámetros de verificación los cuales son controlados para generar alertas en el momento en que se desvían.

8.2 POLÍTICA DE CALIDAD

Como política de calidad del proceso de trituración de mineral de hierro se definió:

- ✓ Cumplir o superar especificaciones acordadas de Calidad, Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social, conforme a la normatividad aplicable.
- ✓ Buscar y adoptar las mejores prácticas de Gestión de calidad, Salud, Seguridad, Medio Ambiente, Calidad y Responsabilidad Social con miras a la excelencia.
- ✓ Prevenir los incidentes ocupacionales, materiales y ambientales sobre el aire, agua, suelo, flora y fauna, así como el envío de productos no conformes.
- ✓ Monitorear la satisfacción del Cliente para asegurar o superar el cumplimiento de sus necesidades y expectativas.
- ✓ Capacitar, dar soporte y comprometer a todo el personal en la búsqueda continua de la mejora.

- ✓ Dejar claras las atribuciones y responsabilidades de todo el Equipo Humano de la División

8.3 IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN A LA VISTA PLANTA TRITURADORA DE MINERAL UBALÁ

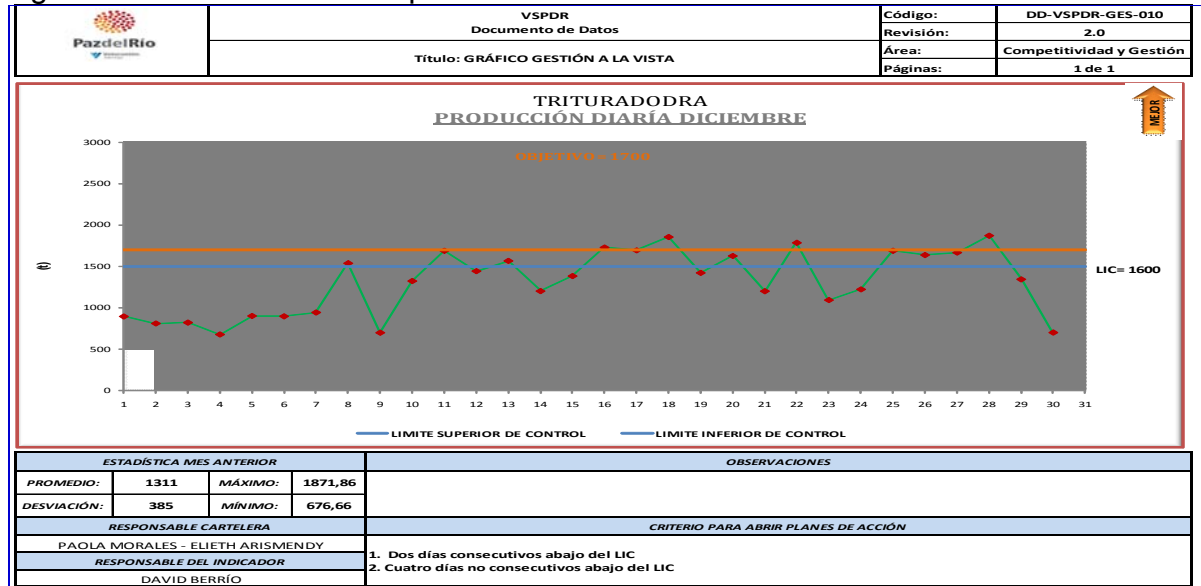
Se definieron e implementaron indicadores operacionales de control diario que permiten monitorear el proceso, generar alarmas de atención y acciones de mejora diaria. Los indicadores de gestión a la vista corresponden a las variables descritas en el mapa de procesos y cuentan con las siguientes características:

- ✓ Los Ítems que van a Gestión a la Vista son prioritarios.
- ✓ Permiten tomar acciones inmediatas.
- ✓ Contienen criterios para el levantamiento de planes de acción de acuerdo al comportamiento del proceso o puntos por fuera de los límites definidos.
- ✓ Son de total responsabilidad de los operadores para que se sientan los verdaderos dueños de los resultados.

Las variables que conforman la cartelera de Gestión a la vista son:

- ✓ Producción diaria (%): Permite monitorear el cumplimiento de la producción de acuerdo al programa creado en base a las necesidades de operación:
- ✓

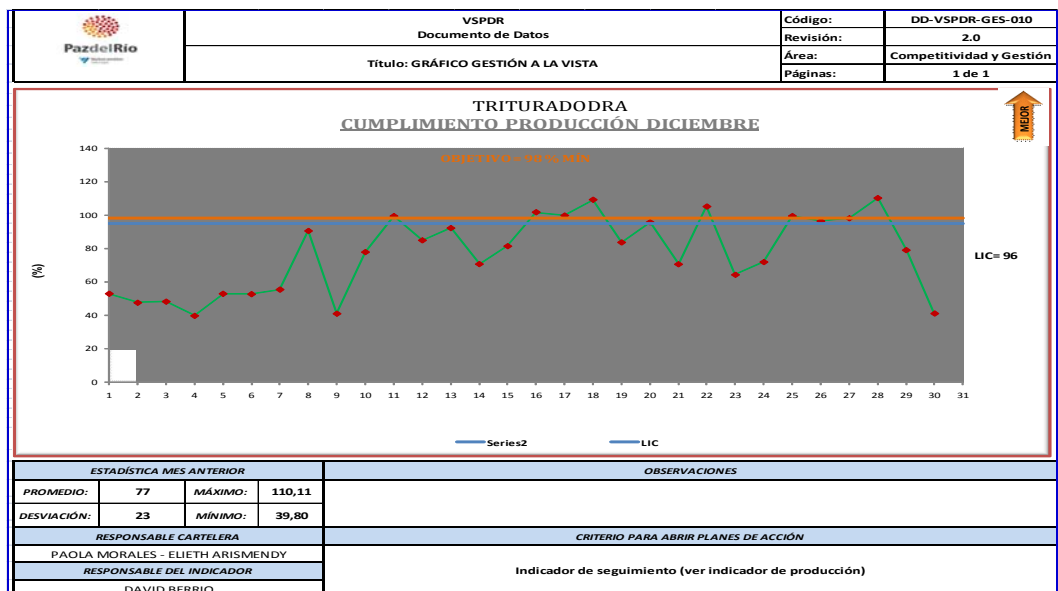
Figura 8. Gráfica de control producción diaria



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cumplimiento (%): Permite monitorear el porcentaje de cumplimiento de la producción de acuerdo al programa creado en base a las necesidades de operación:

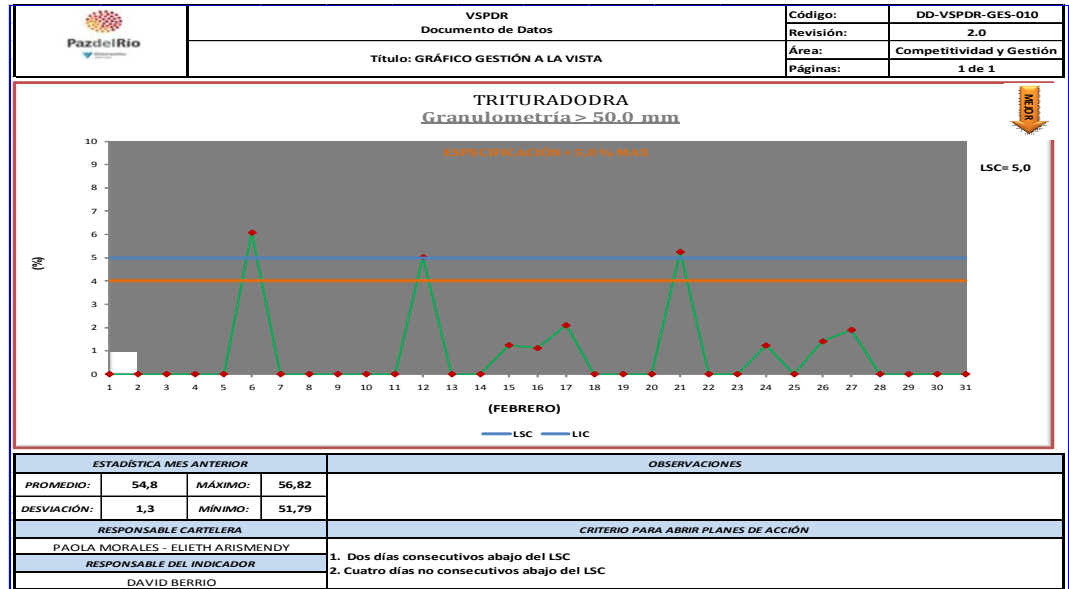
Figura 9. Gráfico de control cumplimiento en la planeación



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Granulometría mayor a 50,0 mm (%): Permite monitorear el proceso desde el cumplimiento de la especificación en cuanto a granulometría:

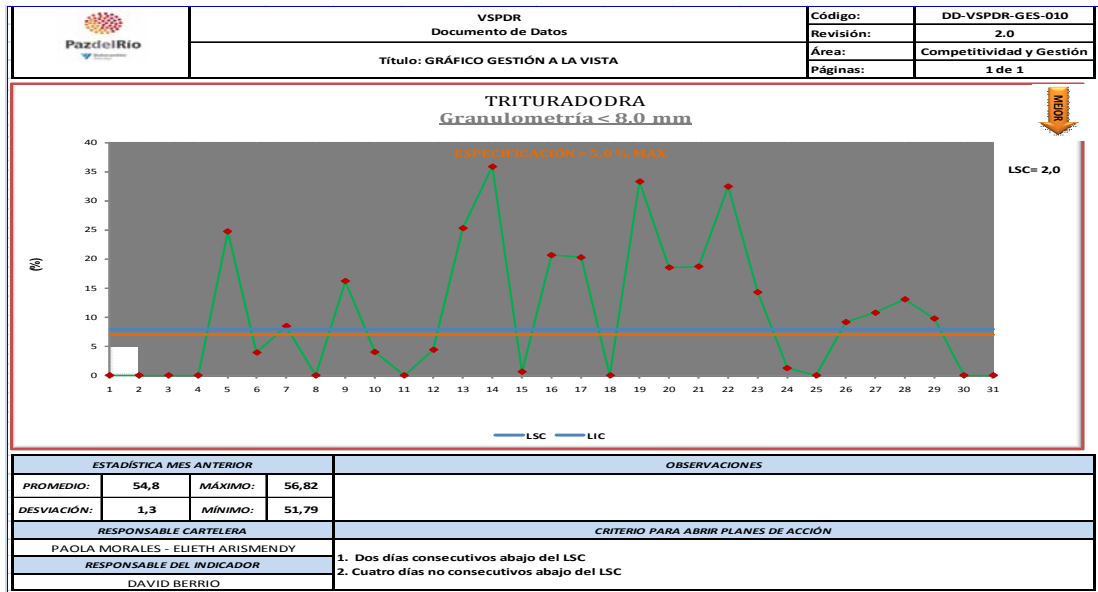
Figura 10. Grafico de control granulométrico



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Granulometría menor a 8,0 mm (%): Permite monitorear el proceso desde el cumplimiento de la especificación en cuanto a granulometría:

Figura 11. Grafico control granulométrico



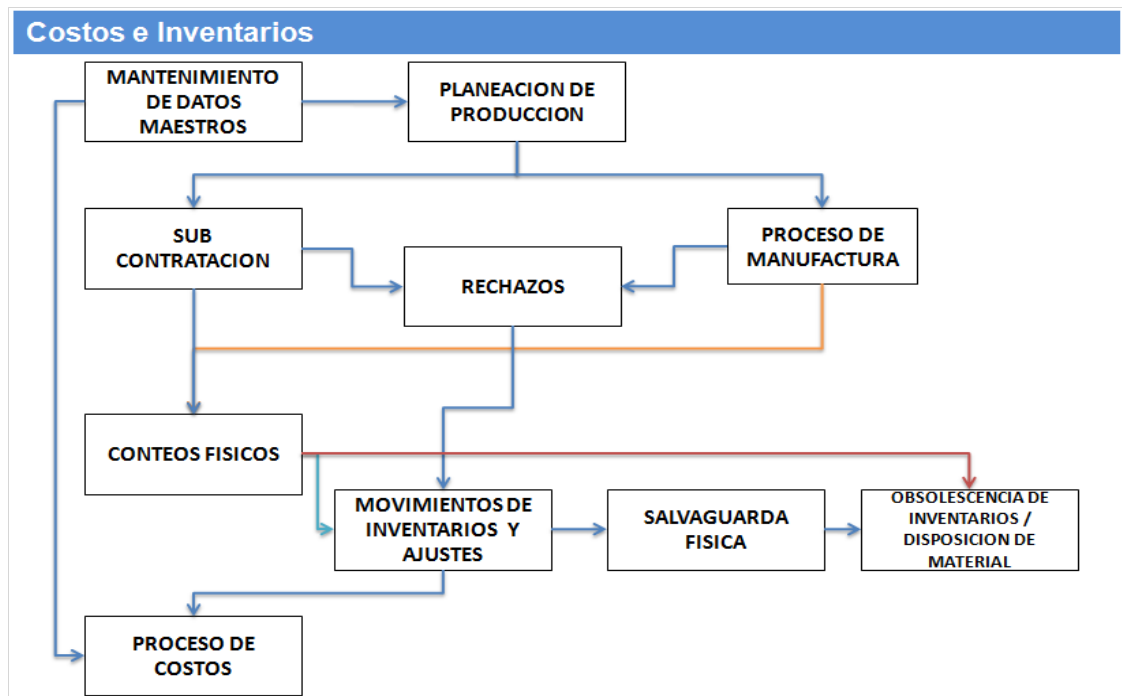
Fuente: Elaboración propia

8.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA PLANTA TRITURADORA DE MINERAL DE UBALÁ (En ejecución)

El sistema de control de inventarios mediante el aseguramiento de la información se está implementando en conjunto para toda la zona industrial de Belencito, mediante la metodología “*Sarbanes – Oaxley*” **SOX**. En el desarrollo de este programa fue posible incorporar a la planta Trituradora de Mineral de Ubalá como una unidad más de negocio dentro de Votorantim Siderurgia – PDR, gracias a la gestión realizada en la implementación del sistema Votorantim SGV, el cual se describe a lo largo del desarrollo de este proyecto

A continuación se presenta la planeación para la ejecución del sistema **SOX**:

Figura 12. Diagrama de flujo costo de inventario



Fuente: Elaboración propia

8.4.1 Objetivos del control de inventarios

- ✓ Mantener los niveles óptimos de producción y de inventarios de Insumos, Semielaborados y Materias Primas.
- ✓ Crear órdenes de producción de acuerdo a *POVE* y datos maestros de las listas de Materiales.
- ✓ Mantener Información precisa (previsiones de la demanda, Niveles Óptimos de Inventario de Producto Terminado, Insumos, Semielaborados y Materias Primas, listas de materiales) utilizados para los planes de producción.
- ✓ Protección adecuada de los inventarios y sus residuos en todos los lugares y las etapas del proceso.
- ✓ Restringir solo al personal apropiado el acceso para ajustar y mover el inventario.
- ✓ Tener un registro de movimientos de inventario preciso, oportuno y completo.

- ✓ Restringir solo al personal apropiado los registros de entradas y salidas de producción.
- ✓ Restringir solo al personal apropiado el cambio de la calidad del inventario.
- ✓ Tener un registro de producción preciso, oportuno y completo.
- ✓ Obtener un análisis de producción suficiente para corregir oportunamente posibles problemas de fabricación y registrar con precisión las variaciones.
- ✓ Garantizar la integridad de inventario residuos de la producción.
- ✓ Implementar procedimientos de conteo que garanticen cantidades exactas y completas.
- ✓ Investigar oportunamente los conteos.
- ✓ Valorar y grabar correctamente el inventario.
- ✓ Identificar debilidades en el de control de inventarios a través de análisis y revisión de las variaciones de costo estándar, rotación de inventarios y reservas.
- ✓ Implementar los mismos controles de inventario, realizados dentro de la empresa, a materiales en poder de terceros.
- ✓ Supervisar por el personal de la empresa la producción y los niveles de inventario.

Para el desarrollo del proyecto se documentó el proceso actual con los riesgos claves para el control de costos de inventarios, las aserciones y la priorización en la consecución de objetivos.

8.5 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

8.5.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN HISTÓRICA

Teniendo en cuenta que no se puede controlar lo que no se mide, se implementó una base de datos alimentada por la operación en la que se registrarán todas las paradas que ocurrieron en el proceso productivo para con la ayuda de Diagramas de Pareto priorizar y encontrar equipos críticos, fallas recurrentes y de esta forma intervenir aquellos equipos que afectaban la utilización de la planta. La base de datos ***Control diario paradas trituradora*** arrojó los resultados históricos de paradas programadas, mecánicas emergenciales, eléctricas emergenciales, paradas generadas por condiciones de proceso y paradas por condiciones externas.

9. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DATOS

9.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PLANTA TRITURADORA DE MINERAL UBALA

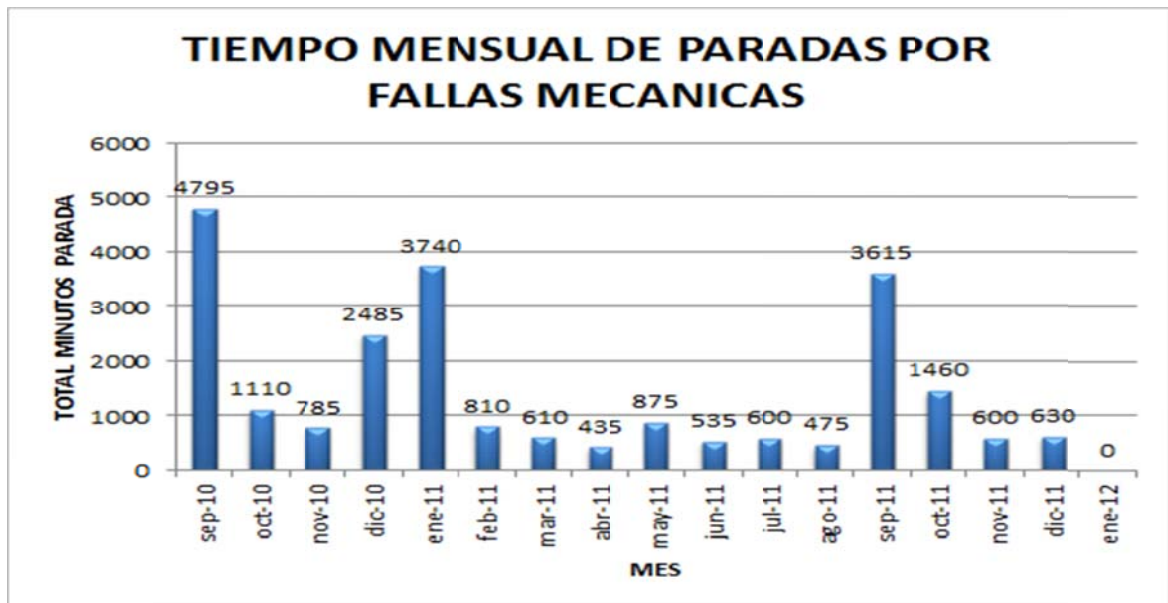
Los datos obtenidos a diario se recopilan en un cuadro de información mensual.

Teniendo en cuenta que se tienen cuatro tipos diferentes de variables se realizó un análisis separado para cada variable enfocándose a saber en cada caso cuales eran los equipos o condiciones más relevantes para atacarlos y mejorar la utilización.

9.1.1 Paradas Mecánicas

Se define como parada mecánica toda falla mecánica que ocurra en los equipos de la planta de trituración. La gráfica de evolución de este tipo de fallas es:

Figura 13. Evolución mensual de las paradas por fallas mecánicas



Fuente: Elaboración propia

9.1.1.1 **Análisis de Causas:** En el periodo comprendido entre Julio y Enero de 2011 (Primer semestre de Observación), las principales causas de parada mecánica en la planta de trituración en orden de ocurrencia fueron:

1. Daños en reductores y chumaceras bandas transportadoras
2. Rotura de laminas laterales y estructurales de la criba.
3. Rotura mallas superior e Inferior de la criba.
4. Recalentamiento de motores criba y bandas transportadoras
5. Caídas de rodillos, cepillos encausadores.

9.1.1.2 **Acción Inmediata:** Aprovechando la falta de mineral crudo que generó paradas por 840 minutos, en Diciembre se programó una parada general en la que se instaló una criba nueva para trabajo y en la que se cambiaron y estandarizaron las chumaceras y rodamientos de los equipos móviles.

En el periodo comprendido de Febrero de 2011 a Agosto de 2011 las fallas en la Criba fueron despreciables, más sin embargo por la falta de atención que se había dado a los equipos se empezaron a presentar nuevas fallas y a volverse repetitivas algunas otras como las siguientes fueron según criticidad y ocurrencia:

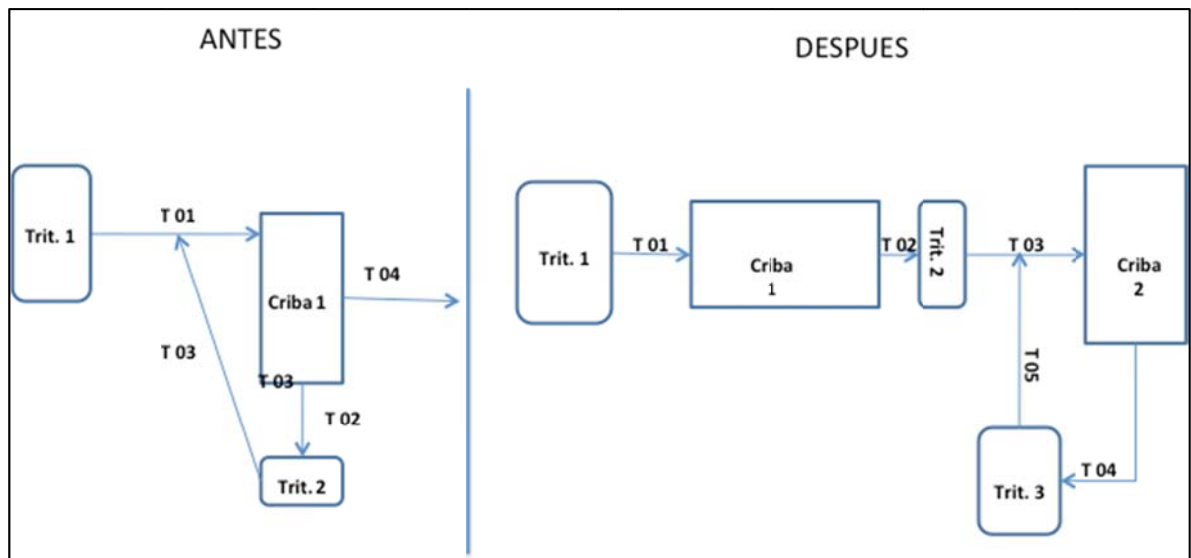
1. Rotura placa de impacto Triturador Secundario
2. Rotura placa flotante triturador Primario.
3. Rotura ejes bandas transportadora
4. Caída de láminas estructurales trituradora.

9.1.1.3 **Acción inmediata:** Construir dentro de la planta las placas de impacto y flotantes para asegurar producción, levantamiento de planos y construcción de ejes. Contacto con proveedores para suministro de planos originales, partes de los equipos las cuales fueron adquiridas y posteriormente instaladas en planta.

9.1.1.4 **Rediseño de planta:** Las anteriores actividades, como se mencionó, son actividades netamente correctivas, sin embargo, todas tenían una causa raíz: La desnivelación en que se encontraban los equipos frente al piso. Es decir, algunos equipos móviles rotativos se encontraban inclinados, desbalanceados por lo tanto estaban expuestos a sobre esfuerzos en sus mecanismos lo cual desembocó en la rotura de partes importantes de los equipos.

Esto llevó a que en agosto de 2011 se ejecutara un plan de rediseño de la planta de trituración en la que se adicionó una segunda criba para mejorar tamizado y se instaló un sistema de trituración terciario para el incremento de producción y calidad en el mineral fino para la Sinterización. Además de la instalación de nuevos equipos, se ejecutó una tarea de nivelación de la planta mediante la construcción de una plancha de concreto a la que fueron anclados los equipos para evitar desniveles y mejorar las condiciones de aseo y seguridad en la planta. Un antes/después del rediseño de la planta se muestra en la Figura 23.

Figura 14. Esquema diseño de planta



Fuente: Elaboración propia



ANTES

DESPUES



Una vez rediseñada la planta, en Septiembre, como se esperaba, se incrementaron las paradas mecánicas debido a que se tenía una nueva distribución de la misma y había que volver a poner a punto los equipos. Las fallas más frecuentes y críticas fueron:

1. Daño rodamiento lado motor Criba No 1
2. Rotura y cambio banda 4
3. Cambio martillos Triturador terciario
4. Cambio mallas superior Criba No 2.

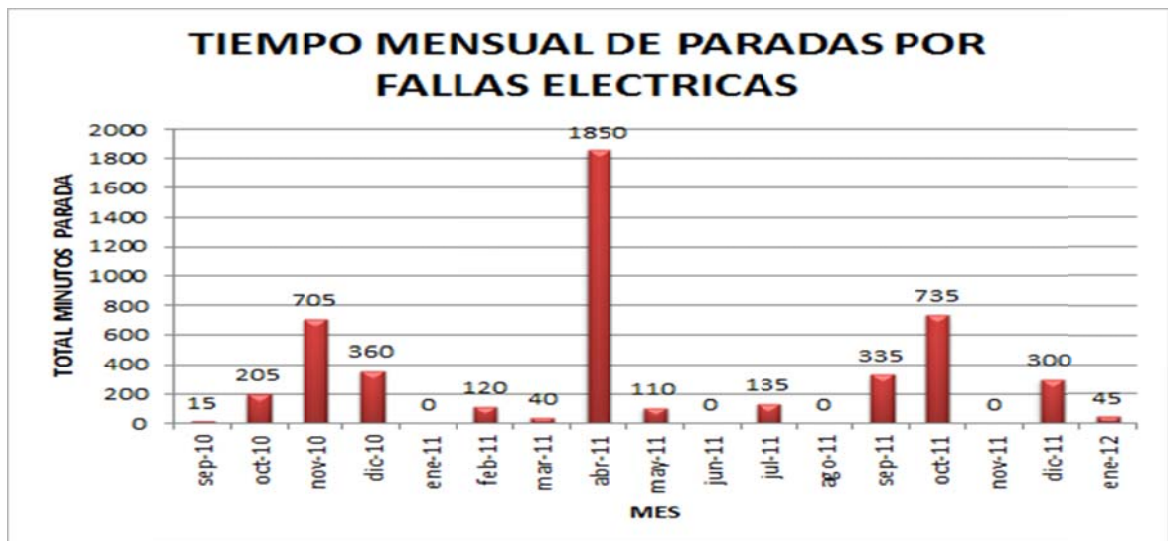
9.1.1.5 **Acción inmediata:** Atención a las actividades generadas y corrección inmediata de las mismas. Inicia el levantamiento de actividades, repuestos y equipos críticos en la operación de la planta de trituradora. Se generó un plan de estandarización de los moto reductores en cuanto a marca y

especificación utilizando tecnología de punta que permita asegurar confiabilidad en estos equipos rotativos móviles.

9.1.2 Paradas Eléctricas

Se define como parada eléctrica toda falla de ese tipo que ocurra en los equipos de la planta de trituración. La gráfica de evolución de este tipo de fallas es:

Figura 15. Evolución mensual de las paradas por fallas eléctricas



Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la gráfica las paradas eléctricas no son muy recurrentes en la planta de trituración, esto debido a que se ha invertido capital en la instalación y cableado eléctrico. Las paradas más altas que se presentaron en el periodo de aplicación del presente trabajo de acuerdo a criticidad fueron:

1. Sobrecarga de tensión que generó daño del cableado de 440V
2. Falla eléctrica en el tablero de control.
3. Recalentamiento de motores.

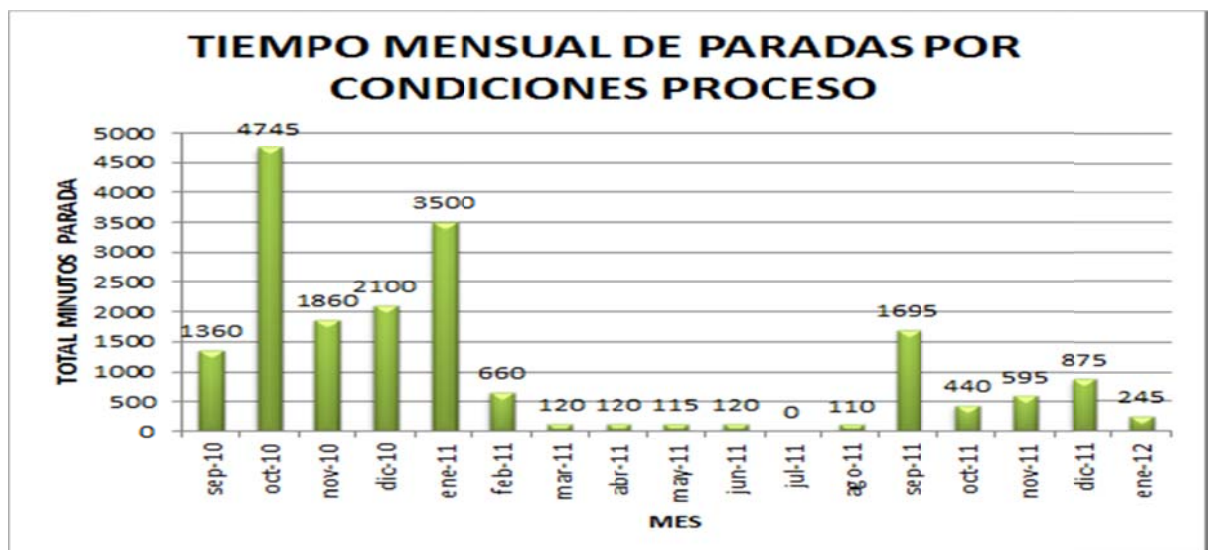
9.1.2.1. Acciones inmediatas: Atención y corrección de las fallas. Mantenimiento preventivo semanal al sistema eléctrico de la planta para evitar su deterioro.

Durante las actividades de rediseño de la planta se instalaron tableros de control para los equipos, tableros indicadores de consumo de tensión, arrancadores suaves, protecciones a equipos y un sistema de iluminación independiente a la alimentación de los equipos para asegurar la iluminación continua de la planta y evitar riesgos de seguridad.

9.1.3 Paradas por Proceso

Se define como parada por proceso todas aquellas interrupciones de producción que son generadas por causas inherentes al proceso productivo.

Figura 16. Evolución mensual de las paradas por fallas procesos



Fuente: Elaboración propia

Las paradas por condiciones de proceso son en un 98% de los casos por atascamientos que se generan en la planta debidos a sobrecargas de material, humedad de material, falta de separación dentro de la planta (aglomeración de carga), que genera acumulación a la entrada de los equipos de trituración y atascamientos de estos. Una falla por condición de proceso muy usual en el primer semestre de investigación fue el entrapado de cribas por alta humedad de

mineral y el atascamiento de molinos primario y secundario con madera y chatarra elementos contaminantes que venían con el mineral crudo Ubalá.

9.1.3.1 **Acciones inmediatas:** Para evitar la presencia de paradas por atascamientos con contaminantes se implantó una campaña de concientización a los trabajadores de minas en cuanto a la necesidad de recibir un mineral crudo limpio por los sobrecostos que se generaban en cuanto a pérdida de tiempos de operación y reparaciones por daños en equipos.

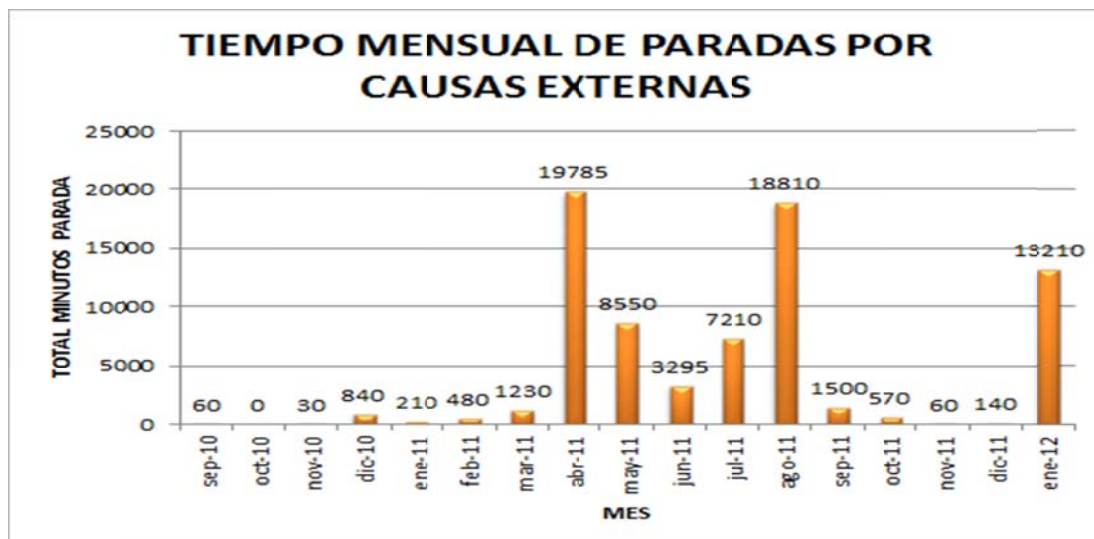
Para evitar los entrampamientos de mineral en los equipos de trituración, se encontró que aun cuando la humedad del material es un factor en contra, en los patios de mineral se estaba presentando contaminación con agua del mineral, es decir, se estaban dando las condiciones apropiadas para que el mineral entrara en contacto con más agua lluvia en sus patios de almacenamiento incrementándose la humedad en aproximadamente un 10% con respecto a la humedad de recepción. Para atacar este problema se decidió realizar actividades de nivelación de patios y segregación de agua de los mismos. Lo que generó una mejora sustancial en el proceso puesto que se evitó la generación de lodo de mineral que era lo que se venía alimentando a la trituradora.

Finalmente se encontró que la tercera causa que generaba atascamientos tenía que ver con sobrecarga de material en la alimentación causada por el operador de retroexcavadora. Para evitar estos inconvenientes se presentó y aplicó un plan de capacitación para los operadores de contrato de retroexcavadora en la importancia que tiene la alimentación al proceso productivo.

9.1.4 Paradas por causas Externas

Se define como parada externa todas aquellas interrupciones de producción que son generadas por causas ajenas al proceso productivo.

Figura 17. Evolución mensual de las paradas por causas externas



Fuente: Elaboración propia

Las causas externas son en su totalidad falta de abastecimiento de mineral crudo Ubalá. De acuerdo a lo mostrado en la figura 17 se puede apreciar que entre abril y agosto de 2011 se presentaron la mayor cantidad de paradas por esta causa. Esta situación tiene que ver a la restricción impuesta por Corpoguavio a la explotación de mineral crudo Ubalá a únicamente 1.000 toneladas diarias de mineral. Como la capacidad de trituración de la planta se aumentó a 1.800 toneladas diarias, se estaba parando gran cantidad de tiempo por falta de abastecimiento.

9.1.5 Levantamiento de equipos/repuestos críticos

Una vez ejecutado el rediseño de la planta, se procedió a hacer el levantamiento de los repuestos críticos que intervienen en la producción.

Con este levantamiento se realizaron reuniones con SKF y suministros para asegurar que se manejen estos repuestos con MRP (reposición continua en inventario) para asegurar que nunca haya paros de producción por faltante de alguna de las partes solicitadas.

9.1.6 Inspecciones diarias a Planta

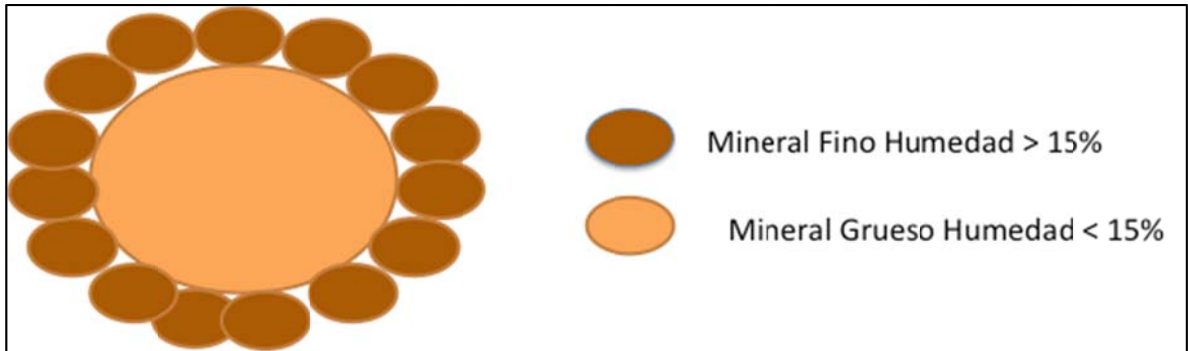
Se implementó un check list de inspección de los equipos en planta la cual se ejecuta todos los días durante 60 minutos (tiempo de alistamiento de planta), del cual salen las actividades a ejecutar en las paradas programadas semanales. La programación de paradas se ejecuta de una semana para otra, es decir, la semana 1 del 2012 se programa la parada a realizar el miércoles de la semana 2, etc.

9.2 MEDICION DEL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN EN LA PRODUCCIÓN, CALIDAD DE PRODUCTO Y EN LOS COSTOS DE TRITURACIÓN DE MINERAL.

9.2.1 Efectos en la producción

Los efectos de la aplicación del sistema de gestión en la producción de la trituradora de mineral no son considerables puesto que el ritmo de producción de la planta está íntimamente ligada a la humedad del material. Esto es, que a mayor contenido de humedad del mineral (Humedad mayor a 15%), menor producción obtenida puesto que el material tiene un fenómeno de apelmazamiento que conlleva a que las partículas finas trituradas que almacenan la mayor cantidad de humedad por su mayor área superficial (humedad > 15%) se adhieran a las partículas más gruesas (humedad < 15%) generando una capa más gruesa de mineral y obligando a que el material recircule por tiempo indefinido en la planta hasta que los trituradores secundarios y terciarios reduzcan el tamaño medio de las partículas haciendo que pasen por los orificios de los tamices inferiores de las cribas 1 y 2 cuyo diámetro es 16 mm. El fenómeno de apelmazamiento se describe con detalle en la Figura 27.

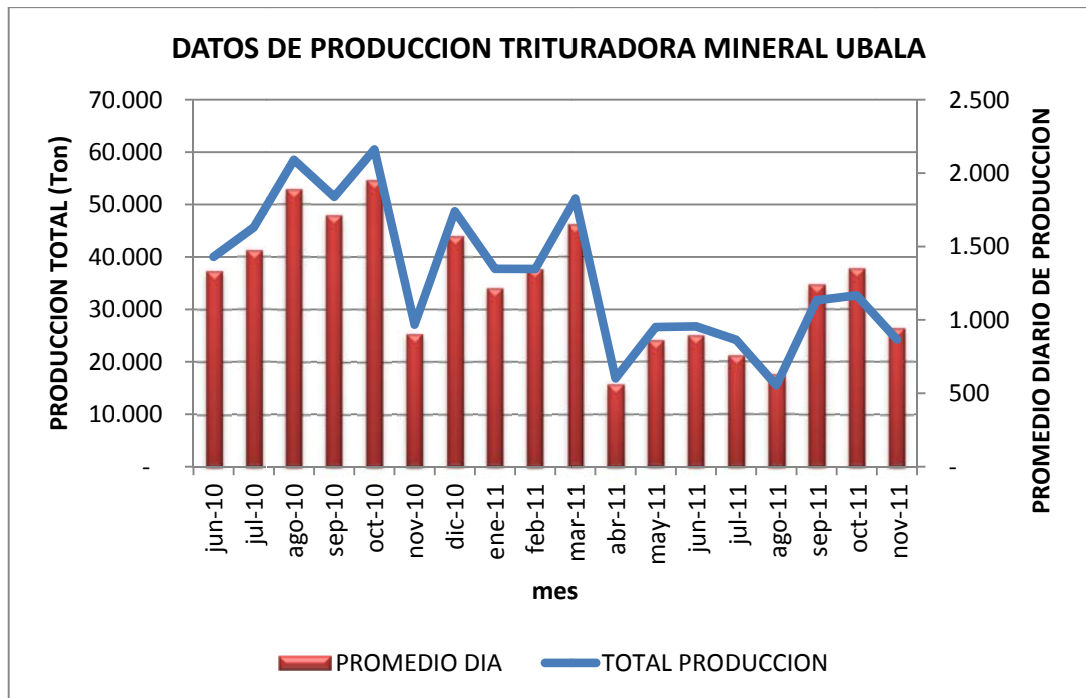
Figura 18. Fenómeno de apelmazamiento en mineral de Ubalá



Fuente: Elaboración propia

La tendencia de producción de la planta de trituración en el periodo de aplicación del proyecto (Junio de 2010 - Noviembre 2011) se presenta en la Figura 28.

Figura 19. Gráfica de tendencia de producción durante el periodo de observación



Fuente: Elaboración propia

En el primer semestre de observación se encuentra que se alcanzaron cifras máximas de producción alcanzando las 2100 toneladas/día. Esto se presentó una

vez implementados los procedimientos operacionales. Posteriormente, en el primer semestre del 2011 se disminuye la producción por que es cuando empieza la primera ola invernal en Colombia, generando en Abril los peores datos de productividad en planta. A partir de Mayo, se presento un desabastecimiento total de mineral desde la mina, lo cual conllevó a baja producción, y desde Agosto a la fecha, luego de la modificación realizada a la planta se reciben 1.500 toneladas/día de mineral las cuales son trituradas sin ningún problema generando paradas los días domingo por falta de materia prima.

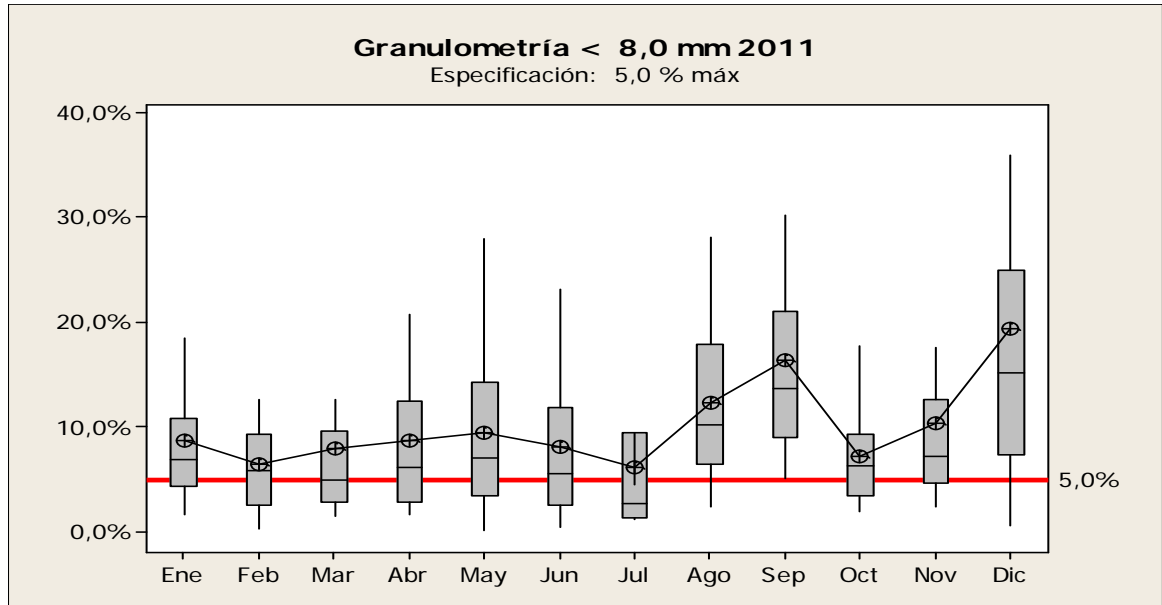
Una mejora considerable que se presentó en la productividad y que no ha sido medida aún tiene que ver con la instalación de la etapa de trituración terciaria la cual se espera que incremente la producción en aproximadamente 10 toneladas/hora. Esta tarea queda pendiente para trabajos futuros en la planta.

9.2.2 Efectos en Calidad

Los resultados en calidad que dependen directamente del proceso de trituración del mineral de Ubalá, teniendo en cuenta que se trata de un proceso de transformación física mas no química, son los comportamientos granulométricos del Mineral Grueso "*Lump ore*" enviado a la planta Alto Horno y el Mineral Fino "*Sinter Feed*" enviado a la planta de Sinterización

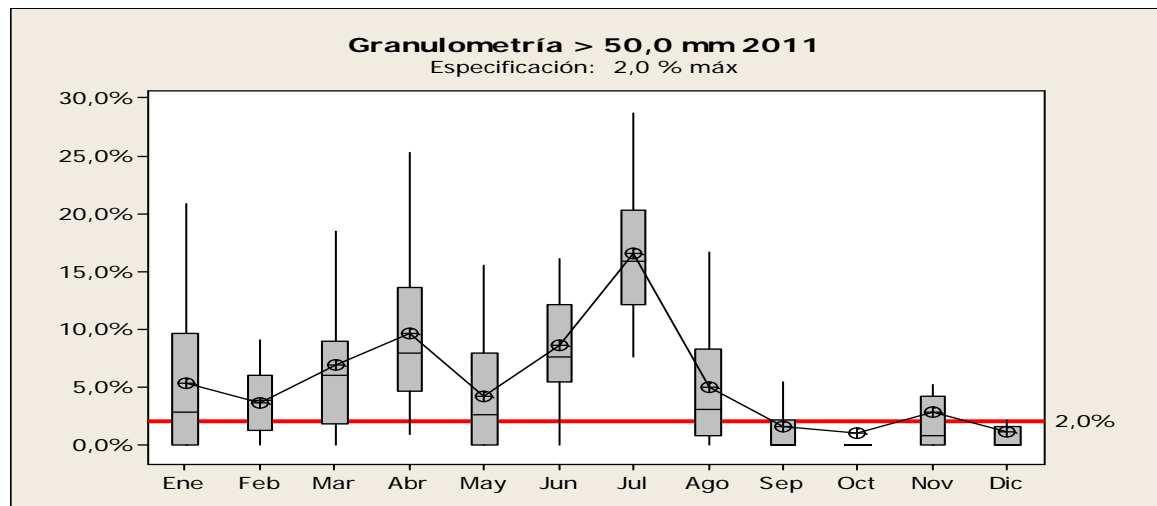
El control granulométrico presenta mejoras significativas después de implementado el sistema de gestión en donde el plan de mantenimiento jugo un papel importante en el rediseño de la planta que buscaba controlar y estabilizar el tamaño óptimo del mineral según las necesidades del cliente

Figura 20. Comportamiento granulométrico Mineral Fino “Sinter Feed”



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Comportamiento granulométrico Mineral Grueso “Lump Ore”



Fuente: Elaboración propia

Las mejoras en granulometría para el Mineral Grueso “Lump Ore” son significativas en el proceso productivo del Alto Horno: Al entregar un mineral cuya distribución se ajusta al patrón de Especificación del cliente, se entrega una

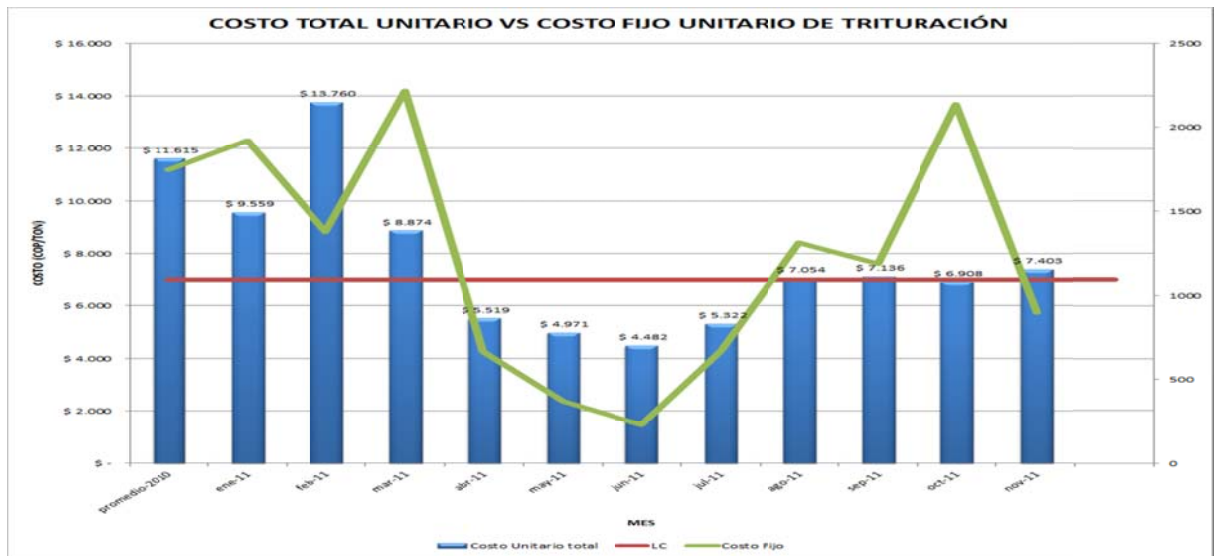
materia prima con menor humedad y más limpia lo cual implica las siguientes mejoras:

- ✓ Aumento de la Rata de Coque “*Coke Rate*” (Ton Arrabio Producido/Ton Coque consumido) en el proceso de Alto Horno lo que conlleva a disminución de costos directo por menor consumo de coque (combustible). Esto llevaría a una disminución del costo del arrabio en promedio \$330.000 pesos por tonelada de coque que se dejó de consumir en el proceso.
- ✓ Reducción del riesgo de bloqueos del proceso de Alto Horno por entrega mineral fino que interfiere en la porosidad del lecho reactivo y genera enfriamientos de la carga. Un bloqueo de alto horno puede conllevar a interrupción de producción por más de 15 días generando considerables paradas en el proceso siderúrgico.

9.2.3 Efectos en los costos:

La gestión del mantenimiento en planta trituradora generó una mejora considerable en cuanto a la estabilización de los costos asociados a la producción de la planta de trituración. La gestión de mantenimiento conllevó a un control del costo fijo (implicado en la compra de repuestos y contratos asociados al mantenimiento de la planta: mano de obra). En el primer semestre se logró disminuir el costo de trituración hasta \$800 pesos por tonelada lo que significó un costo total de trituración de \$4.482/ton el más bajo en toda la operación de la planta.

Figura 22. Costo total unitario vs Costo fijo unitario de trituración



Fuente: Elaboración propia

En los meses de septiembre y octubre el costo se incrementa porque allí se pagan los insumos y la mano de obra utilizada para la adecuación de la planta. Con la adecuación de la planta la meta para el año 2012 es mantener un costo de trituración de aproximadamente \$5.500. El costo total disminuido en la trituración de mineral comparado con el año 2010 fue de \$4.000 pesos por tonelada.

10. PROPUESTAS DE MEJORA

Implementación de Inspecciones predictivas: Se propone implementar inspecciones a la planta con instrumentos (estroboscopio, medición de vibraciones, inspección de temperaturas a equipos críticos) que permitan prever posibles fallas que no son detectables con una inspección visual. Esto es importante para incursionar en las intervenciones preventivas y de esta forma incrementar la confiabilidad de la planta ya que en el momento todas las intervenciones son correctivas.

Implementación de “Almacén Cerrado Trituradora”: La metodología de almacén cerrado se instauró en la planta de coquería arrojando resultados

bastante positivos. Esta metodología permite asegurar que para las intervenciones de mantenimiento a ejecutar, que son producto de las inspecciones, el almacén de repuestos consiga, ordene y disponga en planta todos los repuestos e insumos requeridos de tal forma que se optimiza y asegura el tiempo de ejecución y la confiabilidad en la intervención.

Implementación de indicadores de gestión de mantenimiento: Implementar un indicador de gestión como “*actividades ejecutadas/actividades planeadas*” para medir el desempeño en paradas y el desempeño y efectividad del equipo mecánico que interviene la planta. Adicionalmente, se propone implementar un indicador que mida la asertividad que brinden las inspecciones realizadas ya que son estas la fuente de información para la planeación y ejecución de las actividades de mantenimiento.

Implementación y aplicación del SAP modulo PM: En la actualidad los equipos de la trituradora de mineral no se encuentran creados en el SAP, por lo cual la primera tarea debe ser la creación de los datos maestros que permita generar hojas de vida en el sistema a cada uno de los equipos de la planta. Una vez se encuentre implementado, se propone utilizar el sistema ERP SAP para generar avisos M1, M2, M3, M4 y de esta forma involucrar el mantenimiento a la planta de trituración en los indicadores de gestión de mantenimiento de PDR.

Generar una parada mayor de intervención a los equipos de trituración: Aunque los equipos de trituración instalados en planta han sido intervenidos para asegurar su disponibilidad es necesario ejecutar una parada programada en la que se intervengan los sistemas de trituración por parte de los fabricantes e instalar partes originales que sustituyan las partes hechas en planta para prolongar aún mas la vida útil de la misma.

Instalar una planta de secado de Mineral Ubalá: Se propone instalar una planta de secado de mineral para disminuir la humedad del mineral crudo hasta un valor de 8%.

CONCLUSIONES

Una vez implementado el sistema de gestión en la planta trituradora de mineral Ubalá, se evidencian mejoras significativas en las propiedades físicas del mineral grueso Ubalá "*Lump Ore*" enviado al Alto Horno. Estas mejoras en el mineral brindan ventajas en las propiedades del proceso productivo de arrabio viéndose reflejadas en el aumento de permeabilidad del lecho poroso, lo que permite el avance de gases y la disminución en consumo del combustible (coque) para fundir este mineral. El coque es la materia prima más costosa y su índice de control es la tasa de coque "*Coke Rate*" que es igual a las toneladas de mineral fundido sobre el consumo necesario de combustible para la fusión.

Después de desarrollar e implementar el patrón gerencial de control de inventarios de materias primas a granel y los documentos de datos que permiten el control de producción e inventarios se obtuvo un 1,5% de desviación durante el último inventario realizado en el mes de octubre del año 2011, este porcentaje según políticas internas está dentro de la tolerancia y no amerita realizar ajuste por sobrante o faltante de material, la única fuente de error encontrada durante la auditoría interna fueron las diferencias de básculas pero los valores encontrados estaban dentro de la tolerancia permitida.

Una vez implementado el sistema de gestión en su totalidad y la herramienta gestión de la rutina diaria "*GRD*" se logró disminuir en un 36% el costo de operación de la planta trituradora de mineral de Ubalá de la siderúrgica Paz del Río – Votorantim.

El éxito de la implementación del sistema de gestión radicó principalmente en la participación activa de la base de la operación. Fueron ellos los factores claves en la identificación de las tareas críticas, las mejores prácticas de las

actividades cotidianas que llevaron a la unificación de las funciones. Hoy en día son quienes llevan el control gráfico de las variables de proceso mediante la gestión de la rutina diaria y quienes generan las alarmas cuando estas variables se salen de sus puntos de control.

Un desarrollo paralelo generado durante la ejecución de este proyecto fue la aplicación de las 5's que permitieron mejorar la calidad de las instalaciones, mejorando la percepción del clima laboral en la planta trituradora. Este programa fue de gran importancia en la identificación y corrección de las principales fugas en los equipos de la línea de producción disminuyendo significativamente las pérdidas en el proceso y las fuentes de contaminación.

Para la elaboración e implementación de los patrones operacionales fue necesario realizar el levantamiento del panorama de riesgos, este ejercicio permitió la corrección de fuentes de accidentalidad como la instalación de guardas de seguridad a todos los sistemas en movimiento, fabricación de escaleras y plataformas según norma, construcción de andamios para trabajos en alturas, implementación de rutas de evacuación, delimitación y señalización de la planta en general, así como la generación de permisos de trabajo y análisis seguro del trabajo para tareas no rutinarias, en la actualidad se está trabajando en observaciones comportamentales, reporte de accidentes o incidentes e índices de prácticas seguras "IPS"

El sistema de gestión definido por Votorantim Siderurgia – Paz del Rio "VS-PDR" está constituido por herramientas de mejores prácticas de manufactura vistas en la especialización como el ciclo PHVA, Identificación y estandarización de tareas críticas, 5's, Alerta y cero desperdicios, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

CORPOGUAVIO. (2009). *TRAMITE ADMINISTRATIVO AMBIENTAL DE CARACTER SANATORIO UBALA*. Gachalà, Cundinamarca.

FACOLNI, V. (2004). *Gestion de la Rutina del Trabajo Cotidiano*. Sao Paulo, Brasil: Editoración Electronica.

PazdelRio, L. d. (2010). *Análisis Químico Completo Muestras de Mineral*. Belencito, Nobsa Boyaca.

Vicepresidencia de Competitividad y Gestion. (2010). *Manual de Gestión VSPDR-GES-001*. Belencito - Nobsa, Boyaca.

UNIVERSIDAD DE LA SABANA
INSTITUTO DE POSTGRADOS-FORUM
RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (R.A.I)

ORIENTACIONES PARA SU ELABORACIÓN:

El Resumen Analítico de Investigación (RAI) debe ser elaborado en Excel según el siguiente formato registrando la información exigida de acuerdo a la descripción de cada variable. Debe ser revisado por el asesor(a) del proyecto. EL RAI se presenta (quema) en el mismo CD-Room del proyecto.

No.	VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE
1	NOMBRE DEL POSTGRADO	ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES
2	TÍTULO DEL PROYECTO	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN PARA LA ESTANDARIZACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE TRITURACIÓN DE MINERAL DE HIERRO EN PAZ DEL RÍO – VOTORANTIM SIDERURGIA
3	AUTOR(es)	ELIETH ARISMENDY PEÑA YEINMY PAOLA MORALES QUIROGA NESTOR DAVID BERRIO CLAVIJO
4	AÑO Y MES	FEBRERO DE 2012
5	NOMBRE DEL ASESOR(a)	HERNANDO AVENDAÑO
6	DESCRIPCIÓN O ABSTRACT	RESUMEN: El presente trabajo pretende mostrar los resultados de la implementación de un sistema de gestión de la rutina diaria enfocado a lograr el incremento en productividad, mejoras en calidad de producto y reducción de costos para la planta de Trituración de Mineral Ubalá en PDR. Los resultados obtenidos indican que con la estandarización, medición de indicadores y variables críticas, procesos de capacitación y de concientización en los trabajadores se mejora la calidad, la utilización y se llega a una estabilización y reducción de costo de trituración unitario. Como recomendaciones se propone un sistema de secado de mineral para incrementar la productividad y un plan de gestión de mantenimiento para asegurar la confiabilidad de la planta. ABSTRACT: This paper aims to show the results of the implementation of a management system focused on the daily increase in productivity, product quality improvements and cost reduction for Mineral Crushing plant Ubalá in PDR. The results indicate that with the standardization, measurement and control of main indicators and critical variables, processes of training and awareness of workers in improving the quality, utilization index leads to a stabilization and reduction of crushing unitary cost. As recommendation is proposed mineral drying system to increase productivity and a maintenance management plan to ensure the reliability of the plant.
7	PALABRAS CLAVES	Siderúrgica Integrada, Mineral de Hierro, Trituración, Sistema de Gestión, Estandarización
8	SECTOR ECONÓMICO AL QUE PERTENECE EL PROYECTO	Sector financiero, comercio, educación, exportaciones, manufactura, servicios transporte, etc. Se recomienda consultar al DANE o Cámara de Comercio.
9	TIPO DE ESTUDIO	Trabajo Aplicado
10	OBJETIVO GENERAL	Proponer un sistema de gestión integral que permita la estandarización, control y seguimiento del proceso productivo de trituración de mineral de hierro de Ubalá, apoyándose en el sistema de gestión definido por la matriz de Votorantim y lo aprendido en la especialización, para garantizar la calidad, el cumplimiento y satisfacer las necesidades del alto horno y sinterización
11	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar el Sistema de Gestión de la Rutina Diaria. • Establecer una política de inventarios que permitan la sostenibilidad del proceso. • Medir la disminución de costos de operación después de la integración de la política de inventarios con la Gestión de la Rutina Diaria.
12	RESUMEN GENERAL	Los procesos industriales para la producción de acero mundialmente utilizados son de dos tipos: por reducción del mineral de hierro, carbón y caliza en un Alto Horno o por la fundición de chatarra en un Horno Eléctrico. PazdelRío – Votorantim Siderúrgica (PDR) es una empresa siderúrgica integrada en la que se produce acero mediante el proceso de Alto Horno, en el cual un mayor contenido de Hierro (%Fe) del mineral utilizado genera un mayor rendimiento. En 2008, PDR instaló una planta artesanal de trituración de mineral proveniente de Ubalá (Cundinamarca) con un contenido de hierro (Fe) del 52% al 56%, para ejecutar algunas pruebas a escala industrial del comportamiento de este en el proceso con el fin de mejorar su productividad. Luego de obtener resultados exitosos, se realizaron proyecciones financieras y de producción que involucraron la planta, la cual pasó de ser temporal a la más importante del proceso de producción de acero. Este proyecto tiene como objetivo proponer un sistema de Gestión integral que permita alcanzar un proceso normalizado y controlado con estándares de calidad para cumplir con las especificaciones de los clientes internos de PDR. Durante el desarrollo del proyecto se plantea implementar herramientas del Sistema de Gestión de Valor Votorantim que permitan la sostenibilidad y continuidad del proceso, utilizando lineamientos corporativos tales como la Gestión de la rutina diaria, Gestión a la vista, Políticas de inventarios, Políticas de calidad y Políticas de mantenimiento. Al finalizar este proyecto se obtuvieron conclusiones y recomendaciones mediante la consolidación e integración de la planta trituradora de mineral de hierro Ubalá al sistema integrado de Paz del Río, "Acero hecho con el corazón".
13	CONCLUSIONES.	Una vez implementado el sistema de gestión en la planta trituradora de mineral Ubalá, se evidencian mejoras significativas en las propiedades físicas del mineral grueso Ubalá "Lump Ore" enviado al Alto Horno. Estas mejoras en el mineral brindan ventajas en las propiedades del proceso productivo de arrabio viéndose reflejadas en el aumento de permeabilidad del lecho poroso, lo que permite el avance de gases y la disminución en consumo del combustible (coque) para fundir este mineral. El coque es la materia prima más costosa y su índice de control es la tasa de coque "Coke Rate" que es igual a las toneladas de mineral fundido sobre el consumo necesario de combustible para la fusión. Después de desarrollar e implementar el patrón gerencial de control de inventarios de materias primas a granel y los documentos de datos que permiten el control de producción e inventarios se obtuvo un 1.5% de desviación durante el último inventario realizado en el mes de octubre del año 2011, este porcentaje según políticas internas está dentro de la tolerancia y no amerita realizar ajuste por sobrante o faltante de material, la única fuente de error encontrada durante la auditoría interna fueron las diferencias de básculas pero los valores encontrados estaban dentro de la tolerancia permitida. Una vez implementado el sistema de gestión en su totalidad y la herramienta gestión de la rutina diaria "GRD" se logró disminuir en un 36% el costo de operación de la planta trituradora de mineral de Ubalá de la siderúrgica Paz del Río – Votorantim. El éxito de la implementación del sistema de gestión radicó principalmente en la participación activa de la base de la operación. Fueron ellos los factores claves en la identificación de las tareas críticas, las mejores prácticas de las actividades cotidianas que llevaron a la unificación de las funciones. Hoy en día son quienes llevan el control gráfico de las variables de proceso mediante la gestión de la rutina diaria y quienes generan las alarmas cuando estas variables se salen de sus puntos de control. Un desarrollo paralelo generado durante la ejecución de este proyecto fue la aplicación de las 5's que permitieron mejorar la calidad de las instalaciones, mejorando la percepción del clima laboral en la planta trituradora. Este programa fue de gran importancia en la identificación y corrección de las principales fugas en los equipos de la línea de producción disminuyendo significativamente las pérdidas en el proceso y las fuentes de contaminación.
14	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	Para la elaboración e implementación de los rotines operacionales fue necesario realizar el levantamiento del CORPOGUAVIO (2009). TRAMITE ADMINISTRATIVO AMBIENTAL DE CARACTER SANATORIO UBALA. Gachalá, Cundinamarca. FACOLNI, V. (2004). Gestión de la Rutina del Trabajo Cotidiano. Sao Paulo, Brasil: Editoración Electronica. PazdelRío, L. d. (2010). Análisis Químico Completo Muestras de Mineral. Belencito, Nobsa Boyaca. Vicepresidencia de Competitividad y Gestión. (2010). Manual de Gestión VSPDR-GES-001. Belencito - Nobsa, Boyaca.

Vo Bo Asesor y Coordinador de Investigación:

CRISANTO QUIROGA OTÁLORA