

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias
de la Producción

"Sistema de Gestión en el Departamento de
Automatización & Control Central Aplicando
el Modelo de Confiabilidad Operacional"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Grado de:

MAGISTER EN ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

Presentada por:

Víctor Emilio Molina Sigcho

Guayaquil - Ecuador

Año 2007

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Sistema de Gestión en el Departamento de Automatización &
Control Central Aplicando el Modelo de Confiabilidad
Operacional”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Grado de:

MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Presentada por:
Víctor Emilio Molina Sigcho

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres, a mi enamorada Elizabeth Becerra por su incondicional apoyo y comprensión durante la realización de la Maestría, sin ellos no sería posible la obtención de tan apreciado título.

De igual manera un agradecimiento especial al Dr. Ramón Francis García que sin su apoyo incondicional y consejos no hubiera alcanzado los logros que se han tenido con el estudio realizado.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES


A ELIZABETH BECERRA

A MI DIRECTOR DE TESIS.

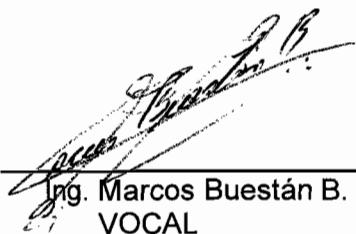
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Dr. Ramón Francis G.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Marcos Buestán B.
VOCAL

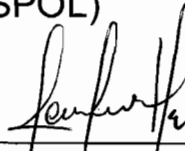


Ing. Marcos Tapia Q.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Víctor Molina S.

RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad de mejorar la productividad minimizando los paros de equipos principales, hace que el departamento de ingeniería de automatización & control central optimice mejor la utilización de todos los recursos con que cuenta, con el fin de mejorar a niveles de excelencia, ayudando a la empresa a conseguir su objetivo principal, de ser una empresa de clase mundial.

El **problema científico** que confrontan actualmente estas empresas de producción es la existencia de numerosas pérdidas de producción por paradas no programadas por problemas en el sistema de control automático de la planta, lo que eleva sensiblemente los costos de la empresa.

Por lo tanto el objetivo general del presente trabajo es “Disminuir las paradas no programadas por problemas ocasionados directamente por el sistema de control automático de la planta”. Dentro de los objetivos específicos para el presente trabajo serán:

- Tener una operación más estable, que asegure un incremento en la producción del equipo principal.
- Reducción de alarmas innecesarias para el operador de control central.
- Elaborar una modelo que integre una solución en los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de seguridad y recurso humano.
- Que el departamento de automatización & control central cumpla con la política y los objetivos del sistema de gestión integral de la planta, mejorando de manera continua sus procedimientos de trabajos internos.

Para solucionar estos problemas se trabajo en un sistema de gestión basado en el Modelo de Confiabilidad Operacional y en las Normas ISO (9000, 18000 y 14000) que incluye la elaboración de procedimientos de trabajo y operacionales (descripciones funcionales del proceso), dicha información ayudara a la capacitación de los operadores y técnicos del departamento con la finalidad de incrementar el conocimiento del personal.

El esquema de automatización de calidad es una solución que integra los campos de procesos operacionales y de seguridad, recursos humanos, mantenimiento, equipos y maquinas que se aplica a cualquier proceso de control automático de cualquier planta industrial.

Los resultados alcanzados por las mejoras realizadas fueron la estabilidad del control del proceso de producción de uno de los equipos principales del área de cemento, teniendo como resultado un ahorro de dinero (\$) por la disminución de las paradas no programadas. Además se aumento el rendimiento del equipo principal, aumentando su producción en *aproximadamente 10.000 toneladas por cada mes.*

INDICE GENERAL

| | |
|-------------------|-----|
| RESUMEN EJECUTIVO | I |
| ÍNDICE GENERAL | III |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| ÍNDICE DE TABLAS | VI |
| ABREVIATURAS | VII |
| INTRODUCCION | 8 |

CAPITULO 1: MARCO TEORICO

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Empresa de Clase Mundial | 11 |
| 1.2 | Características de “Clase Mundial” | 11 |
| 1.3 | Mejora Continua | 12 |
| 1.4 | Costos de Calidad | 15 |
| 1.5 | Confiabilidad Operacional | 16 |
| 1.6 | Confiabilidad Humana | 21 |
| 1.7 | Confiabilidad en Procesos | 23 |
| 1.8 | Mantenibilidad y Confiabilidad de Equipos | 24 |
| 1.9 | Confiabilidad de Sistemas y Componentes | 27 |

CAPITULO 2: ANALISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Introducción | 30 |
| 2.2 | Proceso de Producción | 31 |
| 2.3 | Flujo del Proceso de Automatización & Control | 32 |
| 2.4 | Causas Principales de Problemas | 33 |
| 2.5 | Análisis de Causa Raíz | 34 |
| 2.6 | Diagrama de Pareto | 35 |
| 2.7 | Inconformidades con el Sistema de Gestión Integral | 36 |
| 2.8 | Encuestas y entrevistas | 37 |
| 2.9 | Análisis de Modo y Efecto de Falla | 40 |
| 2.10 | Costos Relacionados | 42 |
| 2.11 | Pirámide de Automatización | 43 |

| | | |
|------|------------------------|----|
| 2.12 | Problemas detectados | 44 |
| 2.13 | Selección del Problema | 45 |
| 2.14 | Conclusiones | 46 |

CAPITULO 3: SOLUCIONES PROYECTADAS

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 3.1 | Introducción | 49 |
| 3.2 | Esquema de Automatización | 50 |
| 3.2.1 | Características de Diseño | 51 |
| 3.2.2 | Habilidades técnicas del personal | 51 |
| 3.2.3 | Base de Datos | 54 |
| 3.2.4 | Descripciones Funcionales | 55 |
| 3.2.5 | Procedimientos de Trabajo | 57 |
| 3.2.6 | Mantenibilidad del Sistema y Equipos | 62 |
| 3.2.7 | Optimización del Sistema | 63 |
| 3.3 | Conclusiones | 64 |

CAPITULO 4: APLICACIÓN DE SOLUCIONES

| | | |
|-----|-------------------------|----|
| 4.1 | Introducción | 65 |
| 4.2 | Aplicaciones realizadas | 66 |
| 4.3 | Resultados alcanzados | 67 |
| 4.4 | Conclusiones | 73 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

74

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Confiabilidad Operacional | 20 |
| 1.2 | Elementos de Confiabilidad Humana | 21 |
| 1.3 | Elementos de la Gestión del Conocimiento | 22 |
| 1.4 | Herramientas de la Metodología de la Confiabilidad Operacional | 27 |
| 2.1 | Interacción de los Procesos Internos | 30 |
| 2.2 | Flujo del Proceso de Automatización & Control | 33 |
| 2.3 | Diagrama Causa – Efecto de las Perdidas de Producción por Paradas no Programadas por el Sistema de Automatización. | 34 |
| 2.4 | Diagrama de Pareto – Problemas de Operación | 36 |
| 2.5 | Matriz de perfil de riesgo – impacto | 41 |
| 2.6 | Pirámide de Automatización | 43 |
| 2.7 | Potenciales de Mejora de acuerdo a la Pirámide de Automatización | 44 |
| 3.1 | Esquema de Automatización de Calidad | 51 |
| 3.2 | Procedimiento de cambios en el sistema | 58 |
| 3.3 | Procedimiento de análisis de falla | 60 |
| 4.1 | Horas de Parada por el Sistema de Automatización & Control | 67 |
| 4.2 | Perdidas en dólares (\$) por Paradas no Programadas por el Sistema de automatización & Control | 69 |
| 4.3 | Producción de Cemento Tipo I | 70 |
| 4.4 | Producción de Cemento Tipo GU | 71 |
| 4.5 | Producción de Cemento Tipo HE | 71 |
| 4.6 | Producción Total Mensual | 72 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Tipo de defectos y detalle de problemas. | 35 |
| 2.2 | Frecuencia de los tipos de defecto | 35 |
| 3.1 | Propuesta de Capacitación | 54 |

ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| Káiser: | <i>Kai</i> que significa cambio y <i>zen</i> que significa bueno. |
| TQM: | Administración de la Calidad Total. |
| MCO | Mejoramiento en la Confiabilidad Operacional. |
| RCM | Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. |
| TPM | Mantenimiento Productivo Total. |
| TPPF | Tiempo Promedio para Fallar. |
| TPPR | Tiempo Promedio para Reparar. |
| TMEF | Tiempo Promedio entre Fallos. |
| FMEA | Análisis de Modos y Efectos de Falla. |
| PLC | Controlador Lógico Programable. |
| CA | Análisis de Criticidad. |
| RBI | Inspección basada en Riesgo. |
| BRCA | Análisis Costo-Riesgo-Beneficio. |
| RCFA | Análisis de Causa Raíz. |
| LCC | Costo de ciclo de vida. |

INTRODUCCIÓN

Debido a una alta demanda de cemento en los países de Latinoamérica, las plantas de cemento se ven en la obligación de mantener sus procesos internos de producción y control en óptimas condiciones de operación, con la finalidad de garantizar una alta producción, garantizando siempre la calidad que se merece el cliente final.

Entre los procesos internos tenemos a los principales, a los de soporte y a los externos. Los procesos principales son: Materias Primas, Crudo, Clinker, Cemento y Despacho, el proceso de extracción es un proceso exterior que es manejado por un contratista, en algunos casos la propia planta se encarga de dichas operaciones. Finalmente los procesos de soporte como son: Laboratorio de Calidad y Automatización & Control Central. Estos últimos procesos son de vital importancia para el control, supervisión y optimización del proceso de producción, garantizando siempre la calidad del producto.

El proceso de automatización & control interactúa con el proceso de laboratorio de calidad como con los procesos principales antes descritos. Como sus principales funciones son las operaciones, supervisión & optimización de las áreas Crudo, Clinker y Cemento, el mantenimiento del hardware y software del sistema de automatización de toda la planta, además del diseño e implementación de nuevas lógicas de control o mejoras sugeridas por las partes interesadas, que son las demás áreas de proceso.

Esta interacción entre procesos hace que el departamento sea un pilar fundamental en la producción del cemento, por lo cual se tiene que garantizar una operación confiable y de calidad con el mínimo de paradas no programadas, a fin de cumplir con los objetivos de la empresa.

Uno de los problemas más críticos con respecto al sistema de control automático en dichas plantas de producción es la incorrecta lógica de operación de algunos equipos y la falta de mantenimiento de este sistema. Un sistema de control deficiente dificulta la operación de todo el proceso de producción

La incorrecta lógica de control se puede evidenciar algunas veces por errores humanos (operadores) causando paradas no programadas de las áreas, pero esto no se justifica del todo, ya que hoy en día un sistema de control bien implementado facilita el trabajo a los

operadores, dejando así tiempo para que operen el proceso con mayor análisis y no de una manera monótona.

La falta de mantenimiento en equipos de control automático como son PLC's (Controladores Lógicos Programables), tarjetas de señales, equipos de redes de comunicación, etc., evidencian un deterioro que causan de igual manera paradas no programadas de equipos. Algunas veces no se evalúa, ni se analizan estos equipos como equipos principales que con una falla o daño de la misma pueden causar serios daños en la línea de producción.

La necesidad de mejorar la productividad minimizando los paros de equipos principales, hace que el departamento de ingeniería de automatización & control central optimice mejor a utilización de todos los recursos con que cuenta, con el fin de mejorar a niveles de excelencia, ayudando a la empresa a conseguir su objetivo principal, de ser una empresa de clase mundial.

El **problema científico** que confrontan actualmente estas empresas de producción es la existencia de numerosas pérdidas de producción por paradas no programadas por problemas en el sistema de control automático de la planta, lo que eleva sensiblemente los costos de la empresa.

Además se ha detectado que la parte administrativa del departamento necesita estructurar un sistema para poder gestionar mejor sus procesos de trabajo en los campos de mantenimiento, procesos operacionales, seguridad operacional y física, y recurso humano.

Estos problemas que tiene el departamento se resumen en:

- 1.) No cumplimiento de la política y de los objetivos del sistema de gestión de la planta.
- 2.) Problemas operacionales y de control del proceso.

No realizar un mantenimiento en el software y hardware de control de la planta, causa primeramente el no cumplimiento de la Norma ISO 9001 en su literal 6.3 (Infraestructura), además de tener algunas paradas no programadas de equipos principales afectando así la producción, teniendo así pérdidas en la producción.

Una pérdida de producción causa una disminución en el stock del producto afectando directamente el despacho normal del producto hacia el cliente final, existiendo el riesgo de

dañar la imagen como empresa, causando el no cumplimiento de la Norma ISO 9001 en su literal 8.2.1 (Satisfacción al cliente).

Tener problemas operacionales y de control del proceso además de no cumplir con la Norma ISO 18000 en su literal 4.4.6 (Control Operativo), puede causar graves problemas de seguridad para el personal propio y contratista, además de grandes pérdidas económicas para la planta.

El objetivo general del presente trabajo es “Disminuir las paradas no programadas por problemas ocasionados directamente por el sistema de control automático de la planta”.

Los objetivos específicos para el presente trabajo serán:

- Tener una operación más estable, que asegure un incremento en la producción del equipo principal.
- Reducción de alarmas innecesarias para el operador de control central.
- Elaborar un modelo que integre una solución en los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de seguridad y recurso humano.
- Que el departamento de automatización & control central cumpla con la política y los objetivos del sistema de gestión integral de la planta, mejorando de manera continua sus procedimientos de trabajos internos.

Para solucionar este problema se realizará un sistema de gestión en el departamento basado en el Modelo de Confiabilidad Operacional y en las Normas ISO (9000, 18000 y 14000) que incluirá la elaboración de procedimientos de trabajo y operacionales (descripciones funcionales del proceso), dicha información será para la capacitación de los operadores y técnicos del departamento con la finalidad de incrementar el conocimiento del personal.

A partir de los problemas detectados y de la influencia que cada uno tiene sobre las causas que originan estos problemas, se ha definido la siguiente **hipótesis**:

La elaboración e implementación de un sistema de gestión en el departamento de automatización & control que incluya la documentación en general, los procedimientos de trabajo y de operación (descriptivos funcionales), planes de mantenimiento, capacitación, etc., reducirá las paradas no programadas y las pérdidas asociadas a las mismas.

MARCO TEORICO

1.1 Empresa de Clase Mundial.

La respuesta al reto de la competencia global debe darse por medio de una estrategia que se denomina Clase Mundial y el término “Manufactura de Clase Mundial” se usa para describir a las mejores compañías de manufactura en el mundo. En un principio se aplicó a las empresas de manufactura, ahora el término “Clase Mundial” se aplica a todo y es que este modelo se enfoca en la creación, desarrollo y mantenimiento de la satisfacción del cliente a través de los elementos de calidad, costo, flexibilidad, confiabilidad e innovación, que son los que definen la posición competitiva de una empresa.

Para que una empresa pueda lograr ubicarse en esta categoría, deberá trabajar desde abajo reforzando todos sus departamentos que forman parte de su proceso de producción, así estos alcanzaran primero este objetivo, de esta manera que la empresa crezca con pilares sólidos, para poder luchar en un mercado tan competitivo como el actual. Se concluye entonces que reforzando los pilares de una empresa como son sus procesos o departamentos se puede lograr grandes metas [18].

1.2 Características de “CLASE MUNDIAL”

Con el objeto de ampliar el entendimiento de lo que es una empresa de “Clase Mundial”, se presentan las características y los resultados en cuatro aspectos básicos que son [7], [9], [18]:

1) Iniciativa permanente de educación y entrenamiento a todos los niveles de la compañía para el desarrollo de los recursos humanos que permite a todos participar activamente en el proceso de mejora.

Las compañías de Clase Mundial proveen un mínimo de cuarenta horas anuales de educación y entrenamiento por empleado, lo cual asegura que la única ventaja competitiva que se mantiene en el largo plazo es el aprendizaje organizacional.

2) Incansable búsqueda de la **Mejora Continua** en todas las actividades. El énfasis de la gerencia está en establecer indicadores del desempeño operativo que dirijan el comportamiento de manera congruente y consistente con las metas de la Mejora Continua, tanto en el producto como en el proceso. Las mediciones se realizan en incrementos porcentuales o índices de mejora.

3) Dedicación al desarrollo de ventajas competitivas basadas en productos y servicios de calidad superior.

El logro de esta calidad superior esta asociada al concepto de satisfacción al cliente el que no es solo de empresa hacia fuera, sino en pensar en que necesidades puede tener el cliente siguiente o alguna parte interesada, en este caso, cualquier proceso de una planta puede tener muchos clientes internos o partes interesadas. Para el proceso de Automatización & Control Central de las plantas industriales como son las cementeras, piensan siempre en sus otros procesos de producción, para satisfacerlos cumpliendo con todas sus necesidades, para que así aumente la confiabilidad del proceso.

4) Sistema de negocio integral que une a la gente con el proceso. Todas las funciones del negocio buscan activamente un proceso de simplificación, que resulte en un enfoque integral de sistemas.

1.3 Mejora Continua.

Como se hablo en la sección anterior las empresas líderes buscan mejorar de manera continua todos sus procesos, saben que si logran establecer una cultura dentro de la empresa de mejora pueden lograr muchos objetivos importantes.

En las ultimas décadas se han desarrollado numerosos instrumentos, técnicas o sistemas, siendo estos: Reingeniería de Negocios, Gestión de Calidad Total, Gestión de Procesos, Administración de Calidad Total, Mejora Continua, Seis Sigma entre otros. Uno de estos sistemas resulta particularmente útil por carácter totalizador y su desarrollo armonioso es el **Kaizen** [12].

Entre los principios de Kaizen están: [1].

1. Enfoque al cliente.
2. Hacer mejoramientos en forma continua.
3. Reconocer los problemas abiertamente.
4. Promover la apertura.
5. Crear equipos de trabajo.
6. Manejar proyectos a través de equipos interfuncionales.
7. Estimular los procesos apropiados de relaciones.
8. Desarrollar la autodisciplina.
9. Informar a cada empleado.
10. Habilitar a cada empleado.

El mejoramiento continuo, basado en un concepto japonés llamado Kaizen (*Kai* que significa cambio y *zen* que significa bueno), es una filosofía que consiste en buscar continuamente la forma de mejorar las operaciones. A este aspecto no se refiere únicamente a la calidad, sino también al mejoramiento de los procesos [2].

“No debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejoramiento en algún lugar de la compañía, Filosofía Kaizen”.

Entre las características específicas del Kaizen tenemos:

- Trata de involucrar a los empleados a través de las sugerencias. El objetivo es que los trabajadores utilicen tanto sus cerebros como sus manos.
- Cada uno de nosotros tiene sólo una parte de la información o la experiencia necesaria para cumplir con su tarea. Dado este hecho, cada vez tiene más importancia la red de trabajo. La inteligencia social tiene una importancia inmensa para triunfar en un mundo donde el trabajo se hace en equipo.
- Genera el pensamiento orientado al proceso, ya que los procesos deben ser mejorados antes de que se obtengan resultados mejorados.
- Kaizen no requiere necesariamente de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas. Para implantarlo sólo se necesitan técnicas sencillas como las herramientas del control de calidad.
- La resolución de problemas apunta a la causa-raíz y no a los síntomas o causas más visibles.

- Construir la calidad en el producto, desarrollando y diseñando productos que satisfagan las necesidades del cliente (interno o externo).

Hablar de mejorar las operaciones es hablar de mejorar todo los recursos que se utilizan a la hora de trabajar en un proceso, esto es: recurso humano, procedimientos de trabajo, procesos operacionales y mantenimiento de equipos; lo que implica plantear una estrategia operacional. Una estrategia operacional se refiere a la formulación de políticas amplias y el diseño de planes para utilizar los recursos de la empresa de modo que apoyen de la mejor manera posible en la estrategia competitiva de la empresa [3].

Algunas herramientas y procedimientos de mejoramiento continuo están desde herramientas de control estadístico de procesos (SPC) hasta sistemas de sugerencias sencillas que dependen de sesiones de lluvia de ideas, reuniones de trabajo, etc. Las herramientas no sustituyen el criterio ni los conocimientos sobre el proceso, en todo caso ayudan a abordar la complejidad y convierten los datos crudos en información que puede utilizarse para tomar acciones correctas, estas herramientas son: [3]

- El *diagrama de flujo de proceso*, es un dibujo que describe los pasos principales, las ramificaciones y las salidas eventuales de un proceso.
- El *análisis de pareto* es un método coordinado para identificar, calificar y tratar de eliminar de manera permanente los defectos. Se concentra en las fuentes importantes de error. La regla 80/20: 80 % de los problemas se deben al 20 % de las causas.
- La *recolección de datos* siempre es bueno si se tiene claro los datos que se piensan levantar. Se pueden formular preguntas sobre la recolección de datos: ¿Por que? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cómo? ¿Quién? ¿Cuánto tiempo?
- El *diagrama de causa y efecto* es una herramienta que utiliza una descripción grafica de los elementos del proceso para analizar fuentes potenciales de la variación del proceso.
- Los *diagramas de tendencias* son diagramas de secuencias en el tiempo que muestran valores trazados de una característica.
- Las *cartas de control* son cuadros de secuencia de tiempo que muestra valores trazados de una estadística, que incluye una línea central y uno o más límites de control derivados estadísticamente.

- La *lista de verificación* es un método organizado para registrar datos.
- El *histograma* es una distribución que muestra la frecuencia de las ocurrencias entre el rango alto y bajo de los datos.

1.4 Costos de Calidad.

La mayoría de los costos generados por una mala calidad de servicio o producto se estiman que son alrededor del 20 % del total de la producción. Existen cuatro categorías principales de costos asociados a la administración de la calidad, estas son: costos de prevención, costos de evaluación, costos internos de una falla y costos externos de una falla [2].

Costos de prevención

Estos costos están asociados a las medidas encaminadas a prevenir los defectos antes de que estos se produzcan (Por ejemplo, una parada de área por una lógica de control mal implementada). Entre ellos figuran los costos de nuevos diseños del proceso en cuestión para suprimir las causas de la mala calidad, revisiones periódicas del sistema, auditorias de control, capacitación a los empleados en temas de relacionados al proceso y al proceso de mejora. Para mejorar la calidad las empresas tienen que invertir tiempo, esfuerzo y dinero.

Costos de evaluación

Estos costos están asociados con la medición del nivel de calidad alcanzado por el sistema en sus operaciones. La evaluación ayuda a la gerencia a detectar problemas de calidad. Conforme las medidas preventivas mejoren la calidad, los costos de evaluación disminuyen, porque se requieren menos recursos para realizar inspecciones del sistema.

Costos internos de una falla

Estos costos son el resultado de los defectos que se descubren durante la prestación del servicio o de un tipo producto. En el sistema de control automático, el producto es la lógica de programación, y el servicio que realice el grupo del departamento a diferentes problemas que sucedan.

Las pérdidas se ven reflejadas cuando se tienen pérdidas en el rendimiento de las máquinas o recurso humano, pérdidas de producción por paros innecesarios ocasionados por malas implementaciones del sistema, etc.

Costos externos de una falla

Estos costos se descubren después de que los clientes internos o externos han recibido el producto o el servicio final.

En los casos de los sistemas de control, existen los costos asociados a reclamos que se tienen por clientes externos (cliente final), esto por producto no conforme, o por tiempos de espera muy largos. Los clientes internos suelen tener problemas con el propio sistema de control, esto es por deficiencias en el control automático que dificulta la operación correcta de las máquinas.

1.5 Confiabilidad Operacional.

Las afectaciones en los sistemas de producción y servicios no son solo problemas de máquinas y equipos en los que se puedan decir que por falta de mantenimiento se tiene problemas en la producción normal de una empresa. Las empresas grandes o que trabajan y luchan por crecer día a día, son empresas que tienen sus ojos puestos en su gente, en sus procedimientos, en sus procesos de producción y por su puesto en sus equipos o maquinarias [4]. Por ello estas empresas saben que sin la mejora diaria y continua en conjunto del recurso humano, máquinas y procesos no pueden llegar a su objetivo principal que es de ser una empresa de clase mundial.

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad de los procesos productivos, las denominadas organizaciones de categoría Clase Mundial, dedican enormes esfuerzos para visualizar, analizar, implantar y ejecutar estrategias para la solución de problemas, que involucren decisiones en áreas de alto impacto: seguridad, ambiente, metas de producción, calidad de productos, costos de operación y mantenimiento. La mayor parte de estos esfuerzos, no sólo buscan garantizar la máxima eficiencia en sus procesos productivos, sino que adicionalmente, buscan satisfacer las necesidades de sus clientes y del personal que labora en estas organizaciones [13], [14].

Pero el campo de la confiabilidad operacional es muy amplio por lo tanto se tratara de embarcar al lector un poco más dentro de este tema mediante un poco de reflexión, para ello se indicara a continuación una serie de hechos relacionados con una baja confiabilidad, se podrían enumerar las siguientes: [23].

- Fallas
- Perdidas
- Baja productividad
- Mala operación
- Estrés
- Accidentes
- Falta de adiestramiento
- Menor rendimiento
- Menor eficiencia
- Mal mantenimiento
- Mayor Consumo de Energía
- Repuestos de emergencia
- Reparaciones de emergencia
- Descontento gerencial y general
- Tiempo extra para producción
- Incumplimiento de pedidos
- Alta rotación de personal
- Enfermedades laborales
- Problemas Ambientales
- Outsourcing
- Etc.

Como se puede evidenciar existen muchas oportunidades de mejora cuando uno piensa en hechos que estén relacionados con una baja confiabilidad, es por ello que existe mucho trabajo aun por hacer y muchas metas por cumplir a fin de alcanzar el gran objetivo principal, pero estos trabajos no solo los hace un departamento, estos trabajos de mejora son responsabilidad de todos, desde la parte operativa hasta la alta gerencia, solo con el compromiso de todos se puede lograr tan apreciado objetivo.

La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para la optimización del uso de los

activos físicos. La Confiabilidad Operacional incluye procesos de mejoramiento continuo, nuevas tecnologías, metodologías y herramientas de diagnóstico, con el objetivo de mejorar la Productividad Industrial [13].

Existen conceptos como el de la Administración de la Calidad Total (TQM) que, al igual que el Kaizen, son muy conocidos en los proyectos de mejora continua en empresas que desean desarrollar mejoras en sus procesos de producción. Se detallarán a continuación algunos conceptos de autores para llegar a una conclusión más profunda, estas son:

S. Nahmias indica que es un sistema efectivo para integrar las actividades de desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de la calidad, con el objetivo de permitir el desarrollo de la producción y de la ingeniería. [11].

Philip E. Hicks indica que es el mejoramiento continuo de la calidad, con respecto a la revisión, evaluación y desarrollo de políticas, procedimientos y prácticas operacionales, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente [10].

Dale H. Besterfield indica que consiste en la aplicación de métodos cuantitativos y recursos humanos tendientes a mejorar todos los procesos de la organización y así satisfacer las necesidades de hoy. Además indica que lo más importante es la medición del desempeño de los procesos.

Se puede concluir que la Administración de Calidad Total (TQM) es el mejoramiento continuo de políticas, procedimientos y prácticas operacionales, permitiendo el desarrollo de la producción y de la ingeniería, siempre pensado en la satisfacción del cliente, ya sea este interno o externo, controlado siempre con la medición del desempeño de cada uno de los procesos.

Tanto la Administración de Calidad Total y el Kaizen al igual que la Confiabilidad Operacional son conceptos muy similares ya que se enfocan en mejorar la productividad utilizando todos los recursos de la empresa. Aunque la confiabilidad operacional enfoca mucho mejor en que puntos hay que trabajar de manera conjunta para poder conseguir una seguridad en las operaciones.

La teoría de la Confiabilidad Operacional, hace el estudio de las estrategias básicas de implementación, presenta los elementos y las políticas para generar una

nueva cultura, que permita trabajar en equipo, con el objeto de optimizar los programas, minimizar los costos totales de operación y mantenimiento y aumentar la competitividad de la organización. También analiza aspectos relacionados con el uso eficiente de la información y los criterios para mejorar la confiabilidad de la gestión de los activos físicos y del Talento Humano.

La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la producción industrial [4], [23].

La filosofía de la Confiabilidad Operacional, forma parte de Las Diez Mejores Prácticas de las organizaciones de Clase Mundial, que son:

- Trabajo en Equipo
- Contratistas Enfocados a la Productividad
- Integración con Proveedores
- Apoyo y Visión Gerencial
- Planificación y Programación Proactiva
- Mejoramiento Continuo
- Gestión Disciplinada de Materiales
- Integración de los Sistemas
- Gerencia de Paradas de Plantas
- **Producción Basada en Confiabilidad.**

La Cultura de la Confiabilidad Operacional incluye el Enfoque Sistémico, la Priorización de las actividades y la Proacción Humana, basados en la Visión, la Misión y los objetivos de la organización.

Para que esta metodología se convierta realmente en parte de una nueva cultura, debe ser adoptada por todos, debe abarcar no solamente los activos físicos, sino cubrir las áreas relacionadas con los procesos de producción y el desarrollo del Capital Intelectual [22].

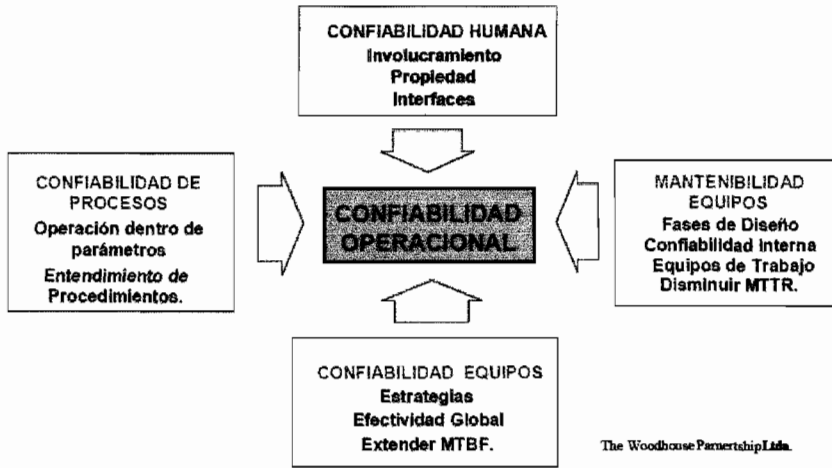


FIGURA 1.1.- Confiabilidad Operacional

Si se quiere tener un mejoramiento continuo se debe actuar sobre los cuatro bloques que se tienen como entradas. Este proceso denominado **Mejoramiento en la Confiabilidad Operacional (MCO)** genera cambios en la cultura de la organización haciendo que esta se convierta en una organización diferente con un amplio sentido de la productividad, con una visión clara del negocio y gobernada por hechos. Cualquier hecho aislado de mejora en alguno de los cuatro bloques puede traer beneficios, de hecho los trae, pero al no tomar en cuenta los demás factores es probable que estos sean limitados y/o diluidos en la organización y pasen a ser solo el resultado de un proyecto y no de una transformación. Estos son los típicos casos de los proyectos aislados de Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad (Reliability Centred Maintenance RCM) que está enfocado y es muy útil en la confiabilidad de los equipos, Gestión de Calidad Total (Total Quality Management TQM) enfocada y poderosa en la confiabilidad de los procesos/calidad de producción, etc.

Caso diferente es el manejo en la cultura Japonesa donde sus planes agresivos de mejoramiento continuo usan toda una mezcla de técnicas que les permiten avanzar al ritmo deseado y generar la revolución industrial de la Calidad, pero su TQM está acompañado del Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance TPM) y de planes agresivos de mejoramiento de la confiabilidad humana, cubriendo de este modo los cuatro bloques que tiene la confiabilidad operacional.

La Confiabilidad Operacional es una ruta flexible y a la medida para compañías que buscan la excelencia empresarial y la gerencia de todos sus recursos. Es un proceso de mejoramiento continuo basado en hechos, alcanzado por una armonía de implantación de herramientas y técnicas basadas en riesgo.

1.6 Confiabilidad Humana.

La Confiabilidad Humana o Talento Humano se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de todas las personas, en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento y actuar humano, durante su competencia laboral, dentro de un entorno organizacional específico. Este sistema incluye varios elementos de proyección personal (Figura 1.2), que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con la finalidad de generar “Capital Humano”.

El capital humano representa el incremento en la capacidad de producción alcanzado mediante el desarrollo de las competencias de los trabajadores de la empresa. El capital humano esta formado por el conocimiento y el ingenio que hacen parte de las personas, su salud mental y la calidad de sus hábitos de trabajo [27], [29].

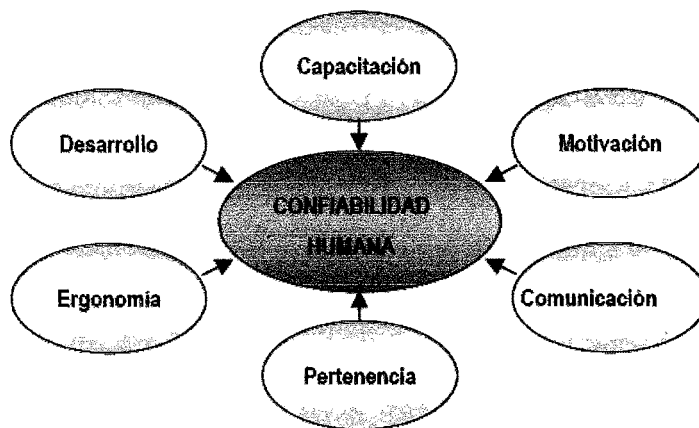


FIGURA 1.2.- Elementos de Confiabilidad Humana.

El mejoramiento de la Confiabilidad Humana se puede lograr mediante la integración de estrategias que incluyan una adecuada gestión del conocimiento, la consolidación de los equipos naturales de trabajo, aplicación de modelos de

competencias y la creación de comunidades del conocimiento para desarrollo del mantenimiento, gestionando su desempeño, con el fin de asegurar la competitividad y poder preservar el conocimiento de la organización [25].

“La riqueza de un pueblo no es del suelo sino la del cerebro”

Emilio Lledó

Haciendo reflexión, se continuara hablando sobre técnicas de gestión del conocimiento como recurso estratégico para la organización. Pero primero, ¿Qué es la Gestión del Conocimiento?, a esto se puede definir como un conjunto de procesos (tecnológicos, sociales, estructurales e institucionales) orientados a la adquisición, administración, organización, transferencia, gestión, generación y distribución del saber, en un entorno colaborativo cualquiera sea su propósito o misión.

La gestión del conocimiento es mucho más que tecnología y bases de datos. Es conectar la gente con los expertos y con la información, es gestionar la información para aprovecharla como ventaja competitiva, para interpretarla y aplicarla de modo que soporte toma de decisiones. Los elementos que integran la Gestión del Conocimiento son:

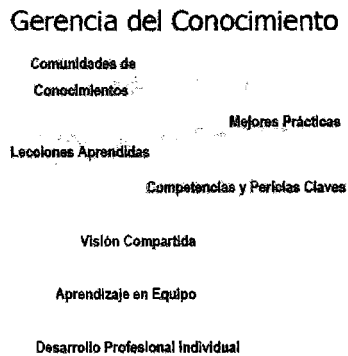


Figura 1.3.- Elementos de la Gestión del Conocimiento.

La Gestión del conocimiento tiene sentido en el marco de compañías dinámicas, que no se asustan al cambio. Es posible en organizaciones que integran la estrategia, la estructura, los procesos, la cultura, la gestión de la información y la innovación.

Cuando las empresas son conscientes del alcance de una gestión eficiente y eficaz del conocimiento, y aplican para ello nuevas tecnologías, se puede hablar de lo que hoy se conoce “Organizaciones que Aprenden”, que luego evolucionan a las “Organizaciones del Conocimiento”, las cuales se definen como empresas que basan su estrategia competitiva en el aumento permanente de la productividad, por medio de la optimización de sus activos fijos y de su Talento Humano, mediante el uso de una muy buena base de conocimiento en continua retroalimentación. [26].

1.7 Confiabilidad en Procesos

La palabra proceso viene del latín *processus*, que significa avance y progreso. Un proceso es el conjunto de actividades de trabajo interrelacionadas que se caracterizan por requerir ciertos insumos (inputs: productos o servicios obtenidos de otros proveedores) y tareas particulares que implican valor añadido, con miras a obtener ciertos resultados [21].

No todas las actividades que se realizan son procesos. Para determinar si una actividad realizada por una organización es un proceso o subproceso, debe cumplir los siguientes criterios:

- La actividad tiene una misión o propósito claro.
- La actividad contiene entradas y salidas, se pueden identificar los clientes, proveedores y producto final.
- La actividad debe ser susceptible de descomponerse en operaciones o tareas.
- La actividad puede ser estabilizada mediante la aplicación de la metodología de gestión por procesos.
- Se puede asignar la responsabilidad del proceso a una persona.

La gestión por procesos es una forma de organización diferente de la clásica organización funcional, y en el que prima la visión y necesidades del cliente sobre las actividades del departamento u organización.

Las funciones del propietario del proceso son:

- Asumir la responsabilidad sobre el proceso y asegurar su eficacia y eficiencia de manera continua.
- Mantener la relación con el resto de procesos y establecer requerimientos adecuados.
- Asegurar que el proceso esta debidamente documentado y que la información se distribuye a todas las personas afectadas.
- Controlar y medir los resultados con el objetivo de mejorar el proceso de forma continua.

Los departamentos de las empresas se deben centrar en el cliente interno. Para ello, hay que conocer sus necesidades y expectativas. Las necesidades son carencias objetivas, y las expectativas se relacionan con la forma en que el cliente espera que sean satisfechas las necesidades. Se trata de saber que necesita el cliente de un proceso, como y cuando la necesita [21].

1.8 Mantenibilidad y Confiabilidad de Equipos.

Productividad y competencia son características de los ambientes donde se desempeñan las industrias, las cuáles se ven obligadas a maximizar sus capacidades productivas y minimizar sus costes operativos. Para las áreas de mantenimiento significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de plantas y equipos industriales, siempre a través de un control efectivo de costes.

El hecho de planificar y programar los trabajos de mantenimiento de equipos e instalaciones ha visto en la automatización una oportunidad de constantes mejoras, y la posibilidad de plasmar procedimientos de operación y de trabajo cada día más complejos.

La Gerencia de Mantenimiento está sustituyendo los viejos valores por paradigmas de excelencia de mayor nivel. La práctica de Ingeniería de Confiabilidad, la gestión de activos, la medición de los indicadores y la gestión de la disponibilidad; así como la reducción de los costes de mantenimiento constituyen los objetivos primordiales de la empresa enfocada a asegurar la calidad de gestión de la organización de mantenimiento [5].

Los Indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación empresarial asociados al área de efectividad permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes. De esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento. Estos indicadores son: [20].

- Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR)
- Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF)
- Disponibilidad
- Utilización
- Confiabilidad

Tiempo Promedio para Fallar (TPPF): Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema.

Tiempo Promedio para Reparar (TPPR): Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

Tiempo Medio entre Fallos (TMEF): Este indicador indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor,

mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la Confiabilidad constituye el TMEF, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico. Asimismo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información.

El análisis de fallos es el paso más importante en la determinación de un programa de mantenimiento óptimo y éste depende del conocimiento del índice de fallos de un equipo en cualquier momento de su vida útil. El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de data operativa para mantenimiento. Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de:

- Prever y optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento a ser utilizadas.
- Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Establecer frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.

Disponibilidad: La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TPPF y el TPPR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

Utilización: La utilización también llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un período determinado.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo.

1.9 Confiabilidad de Sistemas y Componentes.

La confiabilidad de un sistema y sus componentes es de suma importancia si queremos conocer la confiabilidad de los activos. Los datos suministrados por los indicadores de confiabilidad debe darnos la distribución de fallos para una o más combinaciones de esfuerzos y ambientes.

Uno de los factores a considerar para predecir la confiabilidad de componentes es la tasa de fallo, nivel operativo del equipo, número de horas de funcionamiento, naturaleza y distribución del fallo. Otros aspectos a tomar en cuenta en la configuración de los sistemas es el tipo y grado de redundancia, naturaleza y frecuencia de las acciones de mantenimiento, modos de fallos de componentes sobre sistemas.

Herramientas de Confiabilidad Operacional

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permiten evaluar el comportamiento del activo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operabilidad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional.

Son múltiples las herramientas de que se sirve la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades de mantenimiento y de operaciones. A continuación haremos mención de las más importantes en la siguiente grafica [29].

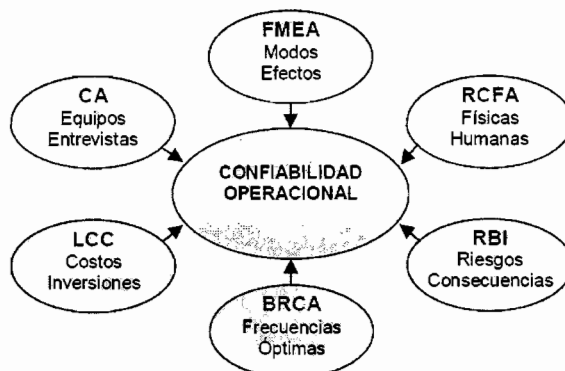


Figura 1.4.- Herramientas de la Metodología de la Confiabilidad Operacional

Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA). Es una metodología de revisión de procesos que permite determinar los modos de falla de sus componentes u operaciones del sistema en estudio, además el impacto que podría ocasionar un fallo y la frecuencia con que se presentan.

A continuación se indica la metodología de diagnóstico:

Función: Actividades que realiza un equipo o sistema dentro de un proceso.

Falla Funcional: Detalle y características de la falla.

Modo de Falla: Es la manera como se presenta la imposibilidad del equipo o sistema de cumplir con los estándares de producción definidos.

Causa Raíz de la falla: La razón por la que la falla se presentó.

Efecto de Falla: ¿Qué pasaría si el modo de falla se presenta?

Prevención de la falla: ¿Qué medidas existen actualmente para prevenir que la falla ocurra.

Estos dos valores definen el riesgo o criticidad provocada por una falla.

Severidad: Medida del impacto de la falla

Ocurrencia: Frecuencia en que se presenta la falla

Análisis de Criticidad (CA). Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de fallas} * \text{Consecuencia de fallas}$$

Análisis Causa Raíz (RCFA). Es una técnica sistema que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

Inspección Basada en Riesgos (RBI). Es una técnica que permite definir la probabilidad de falla de un equipo o sistema, y la consecuencia que las fallas pueden generar sobre la gente, el ambiente y los procesos.

Análisis Costo-Riesgo-Beneficio (BRCA). Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los

logros o beneficios que la actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o de tal acción.

Costo del Ciclo de Vida (LCC). El análisis LCC es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de incremento de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

ANALISIS SITUACION INICIAL

2.1 Introducción.

Debido a una alta demanda, las plantas de cemento se ven en la obligación de mantener sus procesos internos de producción y control en óptimas condiciones de operación, con la finalidad de garantizar una alta producción, garantizando siempre la calidad que se merece el cliente final.

Entre los procesos internos se encuentran los principales, los de soporte y los externos. La siguiente figura visualiza lo indicado.

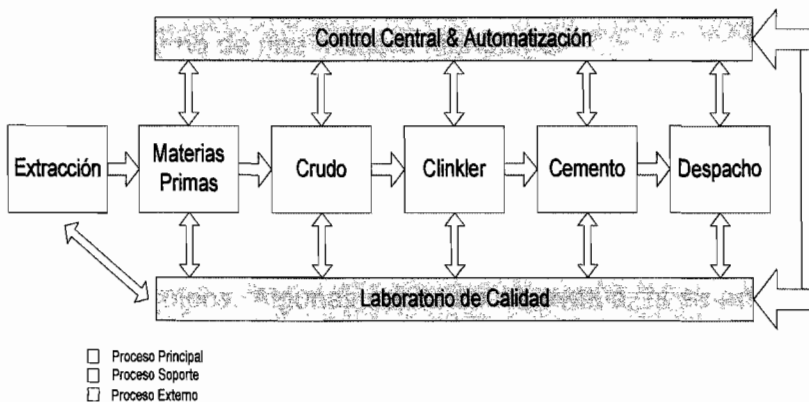


Figura 2.1.- Interacción de los procesos internos

Los procesos de Automatización & Control y Laboratorio, son los procesos de vital importancia para el control, supervisión y optimización del proceso de producción, garantizando siempre la calidad del producto.

El proceso de automatización & control tiene como sus principales funciones las operaciones, la supervisión & optimización de las áreas Crudo, Clinkler y Cemento, el mantenimiento del hardware y software del sistema de automatización de toda la planta, además del diseño e implementación de nuevas lógicas de control o mejoras sugeridas por las partes interesadas, que son las áreas de proceso antes indicadas.

Esta interacción entre procesos hace que el departamento de Automatización & Control Central sea un pilar fundamental en la producción del cemento, por lo cual se tiene que garantizar una operación confiable y de calidad con el mínimo de paradas no programadas, a fin de cumplir con los objetivos de la empresa.

Uno de los problemas más críticos con respecto al sistema de control automático en dichas plantas de producción es la incorrecta lógica de operación de algunos equipos del proceso y la falta de mantenimiento de este sistema. Un sistema de control deficiente dificulta la operación de todo el proceso de producción.

La incorrecta lógica de control se puede evidenciar algunas veces por errores humanos (operadores) causando paradas no programadas de las áreas, pero esto no se justifica del todo, ya que hoy en día un sistema de control bien implementado facilita el trabajo de los operadores, dejando así tiempo para que operen el proceso con mayor análisis y no de una manera monótona.

La falta de mantenimiento en equipos de control automático como son PLC's (Controladores Lógicos Programables), tarjetas de señales, equipos de redes de comunicación, etc., evidencian un deterioro que causan de igual manera paradas no programadas de equipos. Algunas veces no se evalúa, ni se analizan estos equipos como equipos principales que con una falla o daño de la misma pueden causar serios daños en la línea de producción.

2.2 Proceso de Producción.

Como se indico brevemente en la introducción los procesos principales en la producción del cemento son: Materias Primas, Crudo, Clinker y Cemento. El área de despacho no se considera como parte del proceso de producción.

El área de materias primas es la encargada de la trituración y almacenamiento en las salas del material principal (caliza) y de los correctivos (arcillas y arenilla) para el siguiente proceso de producción que es el área de fabricación de Crudo.

El área de crudo es la encargada de la extracción de la materia prima de las salas de almacenamiento, la mezcla según las guías de calidad de laboratorio y posteriormente proceder a su pulverización dentro del molino vertical, que es el

equipo principal de dicha área, para luego almacenar esta mezcla en los silos de almacenamiento, para la siguiente área que es la de clinker.

El área de clinker es la encargada de la extracción del crudo de sus respectivos silos de almacenamiento para posteriormente quemar dicho material. Dicho proceso alcanza temperaturas de hasta 1400 °C, punto en el cual pasa a una fase líquida el material, luego es enfriado inmediatamente con ventiladores industriales y con inyección de agua, para finalmente ser transportado a sus respectivos silos de almacenamiento para la siguiente parte del proceso.

El área de cemento es la encargada de la extracción del clinker de los silos y pasarlo primeramente por la prensa de clinker, equipo que muele el clinker lo más fino posible antes de enviarlo a los molinos de cemento. Una vez prensado este material pasa a unas tolvas de almacenamiento para luego ser dosificado con aditivos (yeso & puzolana) para la producción del cemento. El material dosificado es alimentado al molino donde se muele lo más fino posible antes de enviarse a los silos de producto terminado, para su despacho posteriormente.

El área de despacho es la parte final de la cadena de producción, esta área se encarga de despachar a granel el material producido y envasar el material en los sacos de 50 Kg. para luego su despacho. En esta área es donde se mide la satisfacción del cliente externo por medio de reclamos de clientes directos como hormigoneras, distribuidoras, constructoras, etc. Se suelen tener reclamos por la calidad de producto y algunas veces por el tiempo de despacho, esto cuando se reduce el stock de cemento por problemas en la producción.

La calidad del producto puede ser afectada por un mal control en el flujo del proceso, mala operación, errores humanos, etc. El tiempo de espera en el despacho puede ser afectado por poco inventario que se da por la baja producción de los equipos principales, esto por problemas de paradas no programados.

2.3 Flujo del Proceso de Automatización & Control.

En la siguiente figura se visualiza el flujo de las entradas y salidas del proceso de automatización & control central.

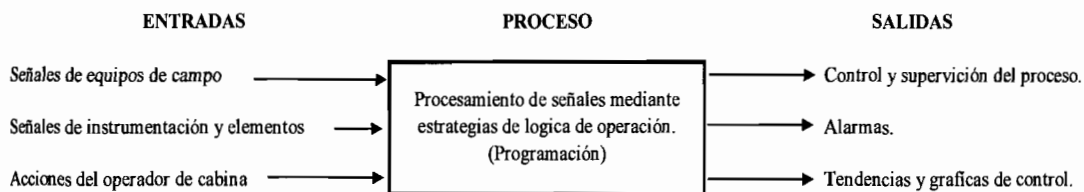


Figura 2.2.- Flujo del proceso de Automatización & Control.

2.4 Causas principales de problemas.

La parte de **automatización & control** tiene dos campos de aplicación, la de hardware y software. Las causas principales de los paros no programados son los siguientes:

Hardware:

- Equipos de control PLC's en mal estado (obsoletos).
- Alimentación de voltaje regulado a sistema de control.
- Falta de un plan de mantenimiento de los equipos de control.
- No existe una política de reemplazo de equipos.

Software:

- Falla en lógica de control.
- Falla en la operación ocasionado por el operador.
- Indicaciones de señales erróneas.

En la parte de **instrumentación** se tienen varios problemas, aunque la mayoría de ellos se refieren a la calibración y ajustes de elementos en campo, teniendo como resultado una mala señal de referencia, dificultando la operación normal del proceso para los operadores.

En la parte de **proceso - producción** se tienen las siguientes paradas no programadas:

- Atoramientos en la línea de transporte del producto.
- Cambio de tipo de material, cuando se descarga a los silos de almacenamiento.

Analizando dichas paradas la mayor parte es por una incorrecta operación del proceso, debido a que la lógica de control tiene errores o no ayuda a tener una operación más estable. Al no existir una documentación de la descripción funcional por área y equipos, no se puede optimizar el proceso, ya que existen diferentes criterios sin llegar a un solo punto de mejora. Adicionalmente este documento ayuda como capacitación para los operadores ya que conocerían mejor el área.

Otros problemas adicionales se dan al no tener procedimientos de trabajo para gestionar cambios y registrarlos, ya que existen muchos cambios que causan desconocimiento al operador de cómo se deja el sistema de control, para su correcta operación. De igual manera no existen procedimientos para gestionar nuevos proyectos o de mejora para el sistema de control.

2.5 Análisis de Causa Raíz.

Uno de los problemas fundamentales que confrontan las empresas dedicadas a la producción de cemento, es la "Pérdida de Producción por Paradas no Programadas ocasionadas por el Sistema de Automatización" aunque existen muchos otros motivos entre ellos mecánicos, proceso y eléctricos se analizarán solo aquellos problemas causados por el sistema automatización. El siguiente es un esquema de las principales causas raíces del problema es cuestión.

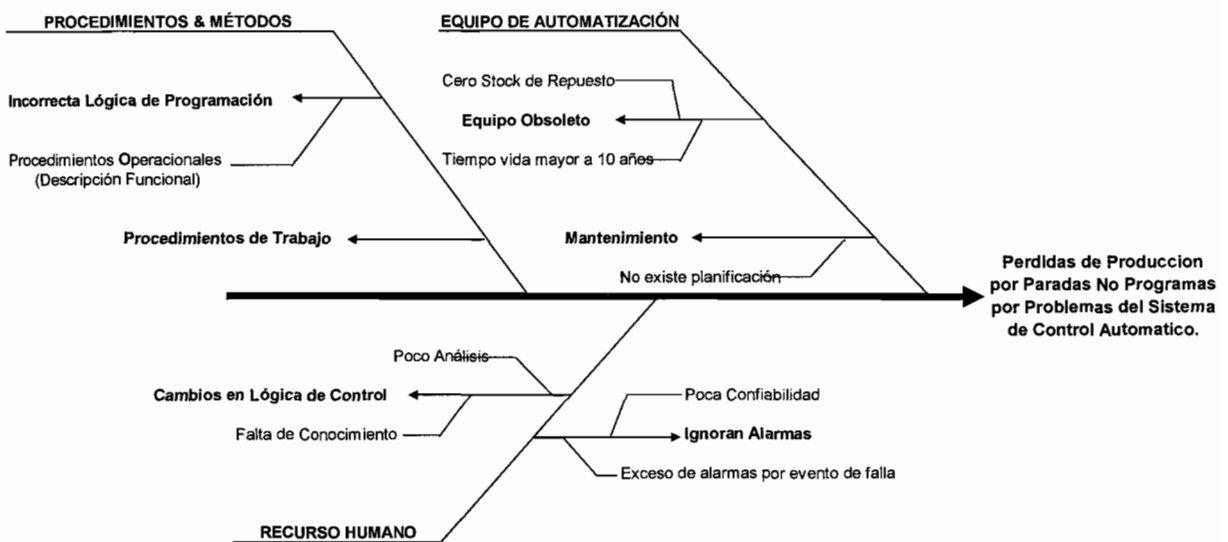


Figura 2.3.- Diagrama Causa-Efecto de las Pérdidas de Producción por Paradas no Programadas por el Sistema de Automatización

Como se observa las causas de este problema son numerosas, entre ellas algunas de las más importantes son: cambios innecesarios en la lógica de control no comunicada a los operadores motivada por la falta de un análisis previo de las mejoras que se requieren realizar, además se tiene como problemas la falta de conocimiento del proceso, incorrecta estrategia de lógica de control, poco mantenimiento, diseño incorrecto, etc.

2.6 Diagrama de Pareto.

El *análisis de pareto* es un método coordinado para identificar, calificar y tratar de eliminar de manera permanente los defectos.

A continuación se indicara en una tabla los tipos de defectos que han existido durante los últimos 4 últimos meses, aunque algunos defectos no registraron paradas del área, ocasionan problemas de operación para los operadores y técnicos de proceso.

Tabla 2.1 Tipo de defectos y detalle de problemas.

| TIPO DE DEFECTOS | DETALLE |
|---------------------------|---|
| Mala programación. | En sistemas actuales o nuevos, no existe documento de funcionamiento operacional. |
| Cambios incorrectos. | No existe documento de funcionamiento operacional que ayude a optimizar el proceso. |
| Funcionamiento | Incorrecto funcionamiento de los equipos y grupo de sistemas. |
| Identificación de señales | No existe una codificación clara de las señales. |
| Exceso de alarmas. | No existe un filtrado de alarmas. |
| Errores humanos. | Algunos sistemas no están automatizados en su totalidad causando problemas en la operación. |
| Secuencias de control | Equipos del proceso no se visualizan dentro del arranque del proceso. |
| Controles de Proceso | Mal ajuste de los controles de proceso, poca estabilización. |
| Incorrectas Seguridades | Señales que no son críticas afectan con paradas de equipos. |
| Señales en bypass. | Señales son colocadas en bypass para solucionar parcialmete los problemas. |

Tabla 2.2 Frecuencia de los tipos de defecto

| TIPO DE DEFECTOS | Frecuencia | % Frecuencia | % Acumulada |
|---------------------------|------------|--------------|-------------|
| Mala programación. | 35 | 25% | 25% |
| Cambios incorrectos. | 27 | 20% | 45% |
| Funcionamiento | 20 | 14% | 59% |
| Identificación de señales | 18 | 13% | 72% |
| Exceso de alarmas. | 16 | 12% | 84% |
| Errores humanos. | 7 | 5% | 89% |
| Secuencias de control | 6 | 4% | 93% |
| Controles de Proceso | 4 | 3% | 96% |
| Incorrectas Seguridades | 3 | 2% | 99% |
| Señales en bypass. | 2 | 1% | 100% |
| | 138 | 100 | |

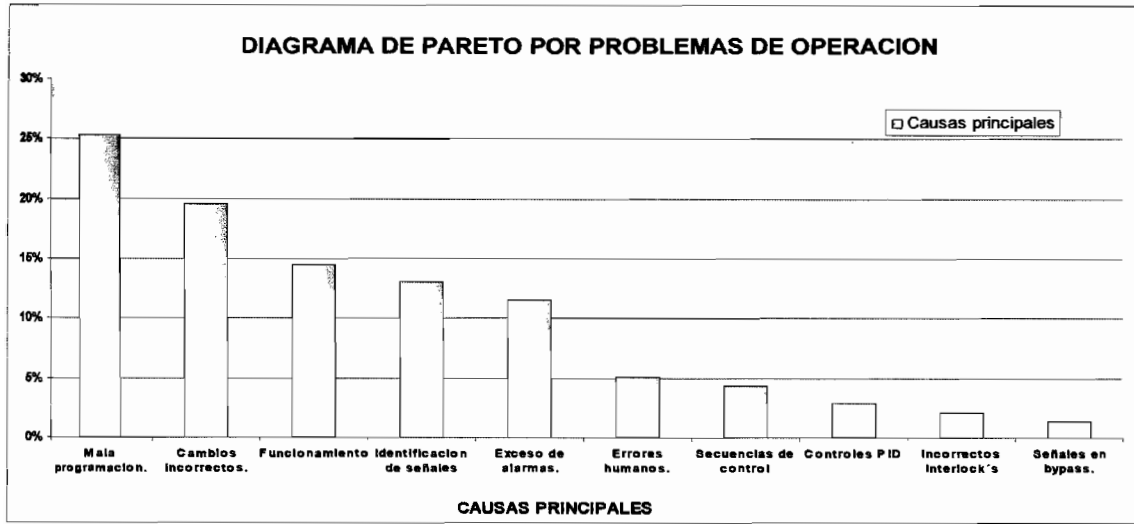


Figura 2.4.- Diagrama de Pareto – Problemas de Operación

El diagrama de Pareto que se muestra en la figura 2.4 indica que el 84 % de los problemas se da por problemas de la lógica de programación, identificación de señales erróneas, cambios en la programación incorrectos y por problemas en el funcionamiento del control. Eliminando estos problemas se puede reducir las paradas no programadas que actualmente se tiene por dichos motivos.

2.7 Inconformidades con el Sistema de Gestión Integral

Adicionalmente a la situación actual por paradas no programadas, se ha detectado una falta de una estructura organizativa en la gestión del departamento de control & automatización, debido a que no se analizan de manera técnica los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de trabajo, seguridad operacional y física, recurso humano, teniendo como problema principal:

- El no cumplimiento de la política y de los objetivos del sistema de gestión de la planta, así como sus metas de mejora continua.
- Problemas operacionales y de control del proceso.

No realizar un mantenimiento en el software y hardware de control de la planta, causa primeramente el no cumplimiento de la Norma ISO 9001 en su literal 6.3 (Infraestructura).

Una pérdida de producción causa una disminución en el stock del producto afectando directamente el despacho normal del producto hacia nuestro cliente final, existiendo el riesgo de dañar la imagen como empresa, causando el no cumplimiento de la Norma ISO 9001 en su literal 8.2.1 (Satisfacción al cliente).

Tener problemas operacionales y de control del proceso además de no cumplir con la Norma ISO 18000 en su literal 4.4.6 (Control Operativo), puede causar graves problemas de seguridad para el personal propio y/o contratista, además de grandes pérdidas económicas para la planta.

De igual manera que en la Norma ISO 18000, la norma 14000 en su literal 4.4.6 (Control Operativo) indica la responsabilidad de tener procedimientos ante problemas ambientales causados por proceso de producción, por lo tanto también es importante a la hora de la elaboración de las descripciones funcionales, ya que se evitaría una posible contaminación ambiental por una mala operación del sistema de control, operacionalmente hablando.

2.8 Encuestas y entrevistas

A fin de conocer la opinión del personal técnico que maneja el sistema de control de forma directa o indirecta, se realizaron unas encuestas y entrevistas para saber la importancia de este proceso con sus procesos relacionados y de que validen algunas posibles soluciones que se plantearan en el estudio.

La investigación a realizar será **aplicada**, cuyo objetivo final es la solución de un problema de estructuración, organización y administración del departamento de control & automatización. Será del tipo exploratoria, ya que la recolección de la información será por medio de encuestas y entrevistas al personal técnico de la planta. Se realizaron encuestas a 15 ingenieros de las diferentes ramas profesionales (químicos, eléctricos, proceso y automatización). Los ingenieros mecánicos no se incluyen ya que no se relacionan con el departamento en cuestión.

Se realizaron 2 encuestas, la primera para analizar la interacción con algunos problemas actuales con lo que respecta a la gestión de calidad y la segunda para analizar algunas posibles soluciones que necesite el departamento reforzar.

En la encuesta 1 se determinaron 2 factores, que son:

Factor 1: Calidad

- Relación entre el departamento de control & automatización con las diferentes áreas de proceso de la planta.
- El sistema de control automático actual afecta directa o indirectamente el producto final.
- Riesgo de parada de alguno de los procesos por obsolescencia de equipos.
- La imagen de planta se ve afectada cuando se limita el despacho.
- La imagen de planta se ve afectada cuando se demora el despacho normal.

Factor 2: Proceso – Operación.

- La lógica de programación facilita una operación adecuada para el proceso.

En la encuesta 2 se determinaron 3 factores, que son:

Factor 1: Gestión del Recursos Humano.

- Descripción de puesto de trabajo.
- Promover capacitación interna del departamento.
- Conocimiento de análisis de confiabilidad y prevención de fallas.

Factor 2: Gestión de mantenimiento.

- Indicadores de Gestión.
- Filosofía de mantenimiento.

Factor 3: Gestión de Procesos.

- Procedimiento de análisis de fallas.
- Procedimiento de uso de herramientas de análisis de riesgo y operabilidad.
- Procedimiento de manejo de cambios.
- Procedimiento de trabajo del departamento.

El formato y diseño de las encuestas se encuentran detallados en el anexo 4.

Análisis de los resultados de las encuestas.

- En la primera encuesta se refleja como el departamento de automatización & control afecta directa o indirectamente la calidad del producto final, ya que un fallo en el sistema de control o un mal control del mismo puede influir drásticamente en el proceso de producción.

La Norma ISO 9001:2000 indica que:

Toda infraestructura sean maquinarias & equipos, centros de automatización, laboratorios, etc. que estén relacionadas con la producción deben ser mantenidas correctamente con la finalidad de cumplir con los requisitos que necesite el producto.

La empresa tiene que asegurar la satisfacción total de los clientes con todos los requerimientos que ellos tengan.

La norma es clara en los literales mostrados ya indica que hay que mantener toda la infraestructura que se necesite para la producción, en el caso de estudio es el centro de automatización, ya que es donde se controlan todas las acciones y operaciones de todo el proceso, un fallo crítico podría causar un serio problema con el producto final. Unos de los problemas que se podrían presentar es la falta de stock del producto, ocasionado tiempos de espera largos a los clientes, con lo cual aumentarían los reclamos afectando a la imagen de la organización.

- En la segunda encuesta se reflejan algunas posibilidades de mejora para dicho departamento. En la encuesta se visualizan 3 factores, el recurso humano, el mantenimiento y la gestión de procesos. En los siguientes puntos se trata de justificar el por qué de dichos factores como mejoras potenciales para el departamento para aumentar la confiabilidad del sistema, con respecto a la calidad.

La Norma ISO 9001:2000 indica que:

La empresa tiene que preocuparse de la capacitación y formación necesaria para el personal que interviene en el proceso de producción, en este caso los operadores y técnicos involucrados en el departamento de automatización & control central.

La Norma OHSAS 18001 indica que:

La norma exige procedimientos operativos y de funcionamientos de todos los elementos que pertenecen al proceso de producción, para que el personal operativo y técnico que interviene en las operaciones tenga claro los riesgos asociados a la operación. Una vez realizados los procedimientos operativos son necesarios darlos a conocer a todo el personal involucrado, a fin de que se cumplan y se estandaricen sus acciones.

En conclusión el aporte de la investigación permitió realizar una evaluación del departamento de automatización & control con relación a su influencia en el sistema de calidad de la planta, además de confirmar algunas posibilidades de mejora en la encuesta. El trabajo se lo realizó en conjunto con las partes interesadas, como son: laboratorio de calidad, optimización de procesos, parte eléctrica y finalmente la de automatización.

2.9 Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMEA)

Como se indicó en el capítulo 1 (Marco Teórico), el análisis de modo y efecto de falla es una metodología de revisión de procesos, que permite determinar los modos de falla de sus componentes u operaciones del sistema, además del impacto y frecuencia que podría ocasionar un fallo.

Por ello se realizará un análisis con esta herramienta de confiabilidad, al sistema de control automático de la planta.

Título: Sistema de Control Aromático.

Función: Procesar todas las señales de control de acuerdo a las acciones que realice el operador de cabina.

Falla Funcional: Mal control del proceso.

Modo de Fallas:

Mala programación de la lógica de control.

Parámetros operacionales fuera de control.

- Errores humanos, mala operación.
- Falla de elemento eléctrico o instrumentación.
- Falla de la red de comunicación.

Efecto: Reducción y/o Pérdida de Producción.

Causas:

- Mala descripción del funcionamiento del proceso.
- Seguridades (interlock's) mal identificados.
- Ninguna identificación en señales de proceso.
- Falta de ajuste de controladores PID.
- Controles manuales, espera de acción de operador.

La siguiente es la matriz de perfil de riesgo/impacto donde se podrá evaluar la criticidad y gravedad de algunos de los eventos señalados. La frecuencia de falla se encuentra en promedio entre 1 a 6 meses y la gravedad es dependiendo del tiempo que afecte al paro del sistema de control con respecto a la producción, esto es aproximado entre 2 y 16 horas.

| | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|--|--|
| A | Frecuente 1 vez cada semana | | | | |
| B | Moderado 1 vez por mes | | | | |
| C | Ocasional 1 vez entre 1 y 6 meses | | | | |
| D | Remoto 1 vez entre 6 meses y 1 año | | | | |
| E | Improbable 1 vez entre 1 y 5 años | | | | |
| F | Imposible 1 vez en cada 5 años | | | | |

| | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| Gravedad | IV Insignificante | III Moderado | II Crítico | I Catastrófico |
| Seguridad | | Incidente | Accidente Incapacitante | Accidente con muerte o incapacidad permanente |
| M. Ambiente | Desorden | Afectación del paisaje, desaseo | Afectación del suelo, aire o agua | |
| Operacional | Paro entre 1 y 2 h | Paro entre 2 y 8 h | Paro entre 8 y 16 d | Paro mayor a 16 h |
| Producción | Costos de hasta \$ 15.000 | Costos de hasta \$ 50.000 | Costos de hasta 100.000 | \$ Costos mayores a 100.000 \$ |

Figura 2.5.- Matriz de perfil de riesgo – impacto.

| Zona | Descripción | Letra | Resultado | Acción |
|------|----------------|-------|--------------------------------------|---|
| | Bajo | V | Alta prob. / Resultados inadmisibles | Corregir la causa raíz |
| | Medio | W | Altamente improbable / Catastrófico | Examinar Causa raíz y aumentar el nivel de protección |
| | Alto | X | Baja severidad / Baja Frecuencia | Reducir o eliminar frecuencia mediante mantenimiento |
| | Insignificante | Y | Alta frecuencia/consecuencias insig. | Reducir la frecuencia de los incidentes |
| | Catastrófico | Z | Consecuencias Aceptables | Mejor relación COSTO / CONSECUENCIA |

Las figuras anteriores indican cual es la zona riesgo de la falla y la letra indica la frecuencia de la falla. Según la frecuencia y la gravedad de cualquier evento de falla en el sistema de automatización & control se puede graficarla en la matriz de perfil de riesgo, esto ayuda a visualizar la criticidad y la frecuencia de falla del sistema.

El costo de pérdida de producción de cemento es aproximadamente de \$ 50 por tonelada, como el molino de cemento produce en promedio 125 toneladas / hora, se puede tener una pérdida estimada de \$ 6.250 por hora.

En conclusión, las paradas que se puedan tener por problemas del sistema de control, por las causas antes enumeradas pueden llegar a significar un costo de producción desde \$ 15.000 hasta \$ 100.000 ó más (solo en el área de cemento).

¿Que se puede hacer?, Acciones.

Elaborar una descripción funcional por cada área de proceso, realizada con todas las partes interesadas, sean estos personales de: mantenimiento, automatización, producción y optimización. Una vez realizada e implementada la descripción funcional, hay que realizar revisiones periódicas, para asegurar que problemas como los indicados vuelvan a suceder.

2.10 Costos Relacionados.

En el capítulo 1 se describieron los costos que se tienen cuando se trabaja en procesos de mejora continua. Por el momento solo se tiene los costos internos que se dan cuando ocurre una falla en el sistema, ya que aun se esta en una fase de diagnostico, en los siguientes capítulos se indica los costos asociados a las mejoras que se tienen previstas. Los costos internos de falla pueden ser desde \$ 15.000 hasta \$ 100.000 ó más, por las causas que se indicaron anteriormente.

2.11 Pirámide de Automatización

La pirámide de automatización & control que se muestra en la figura 2.6 es basada a la experiencia personal que se ha tenido en otras plantas de industria de cemento. Fue diseñada básicamente como medición de requisitos esenciales para la satisfacción de cumplimientos de metas a nivel departamental y de planta.

Con dicha pirámide se puede evidenciar los bloques que requieren una mejora inmediata, que son los bloques de color rojo, los bloques amarillos indican un punto medio en el cual se puede seguir mejorando y finalmente los bloques de color verde indica poca posibilidad de mejora ya que se tiene la mayor parte implementado. La figura 2.6 indica lo descrito.

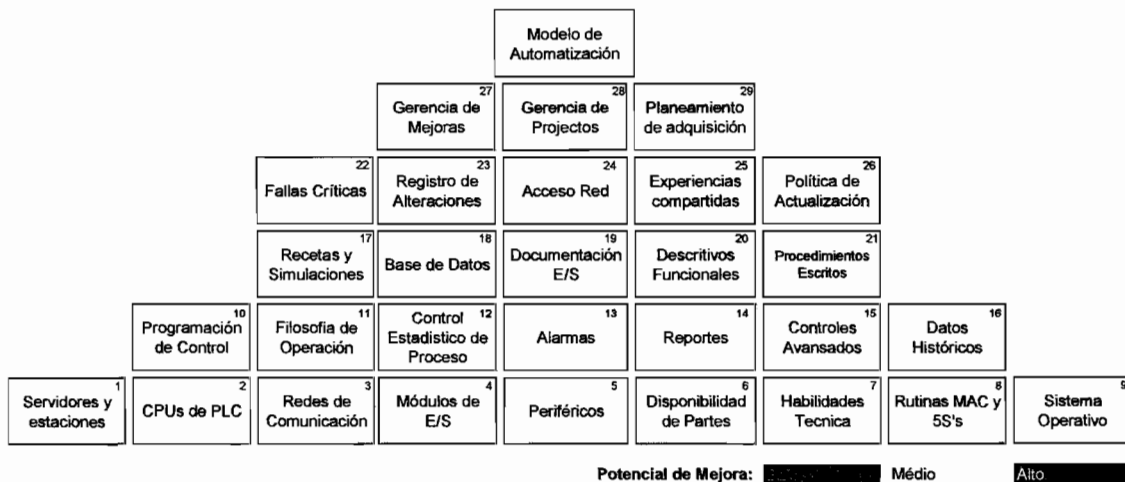


Figura 2.6.- Pirámide de Automatización

La figura 2.7 indica una evaluación técnica del estado actual del sistema de control automático de la planta, los bloques que se encuentran en color rojo reflejan una alto potencial de mejora.

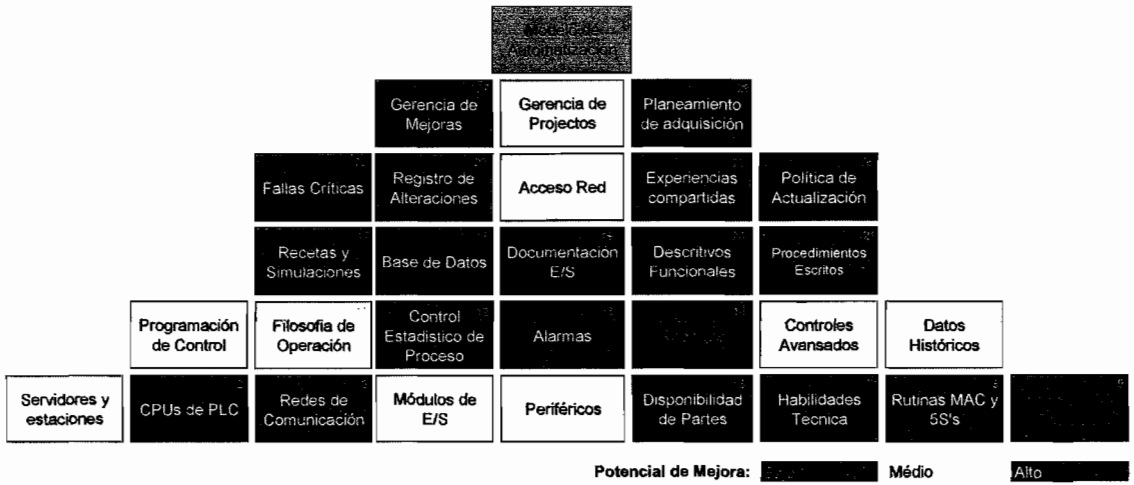


Figura 2.7.- Potenciales de Mejora de acuerdo a la Pirámide de Automatización

Los principales puntos de mejora se reflejan en mejorar la documentación, procedimientos de trabajos y de operación (descriptivos funcionales), registros de cambios, planes de mantenimiento, capacitación (habilidades técnicas), control estadístico del proceso, etc. Si comparamos estos puntos de mejora que necesita el departamento son parte de los puntos en los cuales la Norma ISO hace énfasis.

En el anexo # 3 se detallara las preguntas que se realizaron por bloque para poder sustentar su grado de implementación.

2.12 Problemas detectados

- **Gestión de procesos:** no existen procedimientos o instructivos claros que ayuden a realizar las actividades de mejor forma. Además no existen procedimientos operacionales (descriptivos funcionales) que hallan sido analizados con alguna herramienta de análisis contra posibles riesgos que puedan existir en el proceso, además de controlar mejor la operabilidad.
- **Gestión de recursos humanos:** no existe una estructura clara para poder gestionar el conocimiento de cada uno de los empleados que colaboran en el departamento. En el contexto del cambio de paradigmas la gestión del conocimiento permite: mejorar la toma de decisiones, impulsar el desarrollo humano y organizacional, aprovechamiento de los recursos y el mejoramiento del desempeño.

- **Gestión de mantenimiento:** actualmente no existe una gestión de mantenimiento, ni índices de confiabilidad para equipos de control automático como PLC's, tarjetas, red de comunicación, computadores, etc.

- **No cumplimiento de las Normas ISO:** anteriormente ya se discutió del tema y se indico los literales de las normas de calidad, seguridad y medio ambiente en los que se estaría teniendo desvíos que deberán ser corregidos.

- **Obsolescencia de equipos:** con la finalidad de evitar riesgos de paradas de equipos existe una recomendación técnica por parte de los proveedores de cambiar cada 10 años máximo los equipos de control automático tanto el software como el hardware, actualmente los equipos de control tienen mas de 15 años de trabajo en la planta por lo cual existe un alto riesgo de paradas no programadas, además que ya no existen fabricación de repuestos de estos equipos (disponibilidad de partes).

- **Stock de repuestos:** actualmente no se tiene un adecuado stock de repuestos ya que la fabricación de estos equipos ya no se realiza por ser bastante antiguos sus modelos.

2.13 Selección del problema

El **problema científico** que se plantea es la existencia de numerosas pérdidas de producción por paradas no programadas por problemas en el sistema de control automático, lo que acarrea perdidas monetarias para la empresa.

Además se ha detectado que la parte administrativa del departamento necesita estructurar un sistema para poder gestionar mejor sus procesos de trabajo en los campos de mantenimiento, procesos operacionales, seguridad operacional y física, y recurso humano.

A partir de los problemas detectados y de la influencia que cada uno tiene sobre las causas que originan estos problemas, se ha definido la siguiente **hipótesis**: "La elaboración e implementación de un sistema de gestión en el departamento de automatización & control que incluya la documentación en general, los procedimientos de trabajo y de operación (descriptivos funcionales), planes de

mantenimiento, capacitación, etc., reducirá las paradas no programadas y las pérdidas asociadas a las mismas”.

El alcance del presente estudio será el diseño del modelo de solución, la implementación del modelo se lo realizara por etapas. En esta primera etapa se elaborara lo correspondiente al molino de cemento # 1, que corresponde al área de proceso de cemento. Por lo tanto, los objetivos del presente trabajo son:

Objetivo General.

Disminuir las paradas no programadas por problemas ocasionados directamente por el sistema de control automático de la planta.

Objetivos Específicos.

- Tener una operación más estable, que asegure un incremento en la producción del equipo principal.
- Reducción de alarmas innecesarias para el operador de control central.
- Elaborar una modelo que integre una solución en los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de seguridad y recurso humano.
- Que el departamento de automatización & control central cumpla con la política y los objetivos del sistema de gestión integral de la planta, mejorando de manera continua sus procedimientos de trabajos internos.

Los problemas de obsolescencia de los equipos de sistema de control automático y problemas de stock de repuestos se solucionaran con la implementación de un nuevo sistema de control automático, que no será detallado como parte de este estudio, pero se iniciara de manera igual con la nueva estructuración administrativa propuesta.

2.14 Conclusiones

- Se puede evidenciar que las paradas mas criticas aparte de las mecánicas que no son parte de estudio son las de proceso – producción, las eléctricas e instrumentación.

- Con respecto a las paradas no programadas del tipo eléctricas, lo mas crítico es la falta de un plan de mantenimiento de los equipos de control y la falta de una política de gestión de reemplazo de equipos.
- Con respecto a las paradas no programadas del tipo instrumentación, lo mas crítico es la mala señal de referencia de los elementos y equipos de campo, dificultando la operación normal del proceso para los operadores.
- Con respecto a las paradas no programadas del tipo proceso – producción la mayor parte es por una incorrecta operación del proceso, debido a que la lógica de control tiene errores o no ayuda a tener una operación más estable. Por lo cual al no existir una documentación de la descripción funcional por área y equipos, no se puede optimizar el proceso, ya que existen diferentes criterios sin llegar a un solo punto de mejora.
- Los problemas de controles operacionales, procedimientos de trabajo y de seguridad, registro de cambios, etc., son parte de un sistema de gestión de un departamento, y en vista que dicho departamento es un pilar fundamental para la operación confiable del proceso de producción, es un problema que se puede detallar como una inconformidad seria para el sistema integrado de la planta.
- Se concluye con la primera encuesta realizada al personal técnico que el departamento de automatización & control afecta directa o indirectamente con la calidad del producto final, ya que un fallo en el sistema de control o un mal control del mismo puede influir drásticamente en el proceso de producción.
- Se concluye que con la segunda encuesta realizada al personal técnico se tienen posibilidades de mejora para el departamento.
- Se puede concluir con la evaluación de la pirámide de automatización que los principales puntos de mejora se reflejan en mejorar la documentación, procedimientos de trabajos y de operación (descriptivos funcionales), registros de cambios, planes de mantenimiento, capacitación (habilidades técnicas), control estadístico del proceso, etc.

Se concluye que los potenciales de mejora que se muestran en la pirámide de automatización son parte de los literales en los cuales la Norma ISO hace énfasis como mejora continua.

CAPITULO 3.

3.1 Introducción.

En el capítulo 1 se habló mucho de características y necesidades que tienen las empresas de clase mundial, hacia donde ellas enfocan sus metas y de quienes dependen para lograr alcanzar sus objetivos. Para que una empresa de tipo industrial pueda lograr ubicarse en esta categoría, deberá trabajar desde abajo reforzando todos sus pilares siendo estos sus departamentos de proceso que forman parte de la producción. Si se asegura que los departamentos alcancen primero este objetivo, la empresa cumplirá su sueño de alcanzar niveles estelares, siempre creciendo con pilares sólidos, para poder luchar en un mercado tan competitivo como es el actual.

Es por ello que este capítulo tomara algunos conceptos y experiencias que se han mostrado en los capítulos anteriores a fin de presentar una solución que contemple todos los requisitos necesarios para aumentar la confiabilidad en las operaciones del departamento.

Cabe indicar que la propuesta de solución esta basada en la creación de un sistema de gestión que contemple documentación referente a procedimientos de trabajo y operacionales (descripciones funcionales), capacitación del personal con temas relacionados a su puesto de trabajo, mantenibilidad de equipos y sistemas que intervengan siendo de carácter crítico para el proceso productivo, etc.

Por tal razón se ha diseñado un esquema que incluye 7 pilares claves en una estructura de calidad de un departamento o proceso de automatización. Los pilares claves en el esquema que se propone son: características de diseño, habilidades técnicas del personal, base de datos, descripciones funcionales, procedimientos de trabajo, mantenibilidad del sistema y equipos, y finalmente optimización del sistema.

Las Normas ISO de calidad hacen mucho énfasis en el trabajo de procedimientos de trabajo y operacionales (descripciones funcionales) con la finalidad de estandarizar todas las actividades del proceso, además se enfoca en la capacitación del personal, mantenibilidad de toda la infraestructura requerida para el proceso, seguridad del personal, cuidado al medio ambiente, etc.

El esquema de automatización de calidad no solamente cumple con los requisitos de la norma ISO de calidad, sino que además cumple ciertos conceptos de mejora continua, gestión de calidad total, administración de calidad, confiabilidad operacional, etc.

Como conclusión previa se puede indicar que el esquema que se indicara a continuación en el capítulo, ayudara a la gestión del departamento para mejorar continuamente su producto final, que es el servicio a los clientes directos que son los operadores de cabina y también a los cliente internos que son las áreas de proceso como materias primas, crudo, clinker, cemento y despacho.

3.2 Esquema de Automatización de Calidad

El esquema de Automatización de Calidad que se ilustra en la figura 3.1 puntualiza los 7 pilares que son requisitos primordiales para construir un sistema de automatización que cumpla con todos los estándares de calidad, cumpliendo además con las exigencias que imponen los clientes directos e internos.

Como ya se indico el cliente directo del departamento de automatización & control son los operadores de cabina, cuya responsabilidad es por supervisar todas las operaciones que ocurran dentro el proceso de producción. Un operador que no confía en el sistema de control, estará preocupada de que en cualquier momento el sistema de control pueda dar una falla y por ende tener una parada no deseada del proceso.

El departamento de automatización & control central tiene como clientes internos a las áreas de procesos como son materias primas, crudo, clinker, cemento y despacho. Estas áreas desean del proceso de automatización una operación confiable del sistema, que garantice un desempeño óptimo de sus equipos, donde los controles de alarmas y seguridades (interlock's) puedan evitar daños drásticos en los equipos principales o hasta en el recurso humano que son los operadores de campo.

Es por eso que los sistemas de automatización tienen que ser desarrollados en contra de fallas humanas, capaces de tomar acciones automáticas inmediatas que ayuden a reducir riesgos de daños en equipos o en el propio recurso humano que se tiene en el campo. El siguiente esquema muestra los pilares principales necesarios en el proceso de gestión de calidad del departamento de automatización & control.

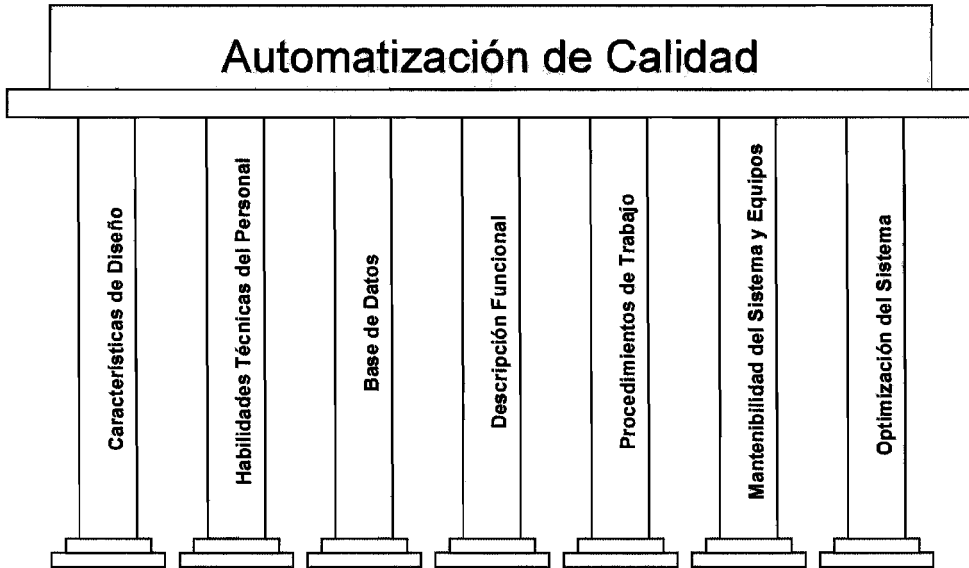


Figura 3.1.- Esquema de Automatización de Calidad

3.2.1 Características de Diseño.

El diseño de un sistema de automatización es clave para el correcto desempeño de las operaciones de la planta.

Aunque este pilar del modelo de automatización de calidad trata de elementos eminentemente tecnológicos el mismo debe elaborarse con normas y especificaciones de diseño realizado por especialistas y personal técnico de la planta, por ello no se profundizara mucho en este pilar. Pero esta en el personal dueño del proceso tomar dichas recomendaciones y diseñar el sistema propio para cada necesidad. [41].

3.2.2 Habilidades Técnicas del Personal.

Un personal bien capacitado, es un personal que puede actuar frente a cualquier tipo de problema. Es por ello se necesita trabajar en los puntos que se tienen a continuación:

- Perfil de puesto de trabajo.
- Competencias.
- Plan de capacitación anual.
- Evaluación de desempeño.

Perfil de puesto de trabajo: Se refiere a la descripción general de todas las actividades que se realizan en el puesto de trabajo, así como sus responsabilidades.

Actividades Técnicas.

- Programación de lógica de control de procesos, de acuerdo a las necesidades diarias por modificaciones de optimización del proceso o por proyectos nuevos que se realicen.
- Planificación y supervisión de actividades con personal contratista.
- Mantenimiento del sistema de control.

Actividades Administrativas.

- Actualización de documentación.
- Planificación de reuniones de seguimiento de actividades.

Responsabilidades.

- Garantizar el funcionamiento correcto de todo el sistema de control, así como de sus interfases.
- Garantizar que todas las seguridades de sistema de control funcionen según la descripción de funcionamiento del proceso.
- Garantizar la seguridad del personal contratista en actividades varias.

Competencias: Especificación de conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes y la aplicación de los mismos a la norma de ejecución requerida en un empleo. Constituyen factores críticos de éxito para las personas que trabajan en la organización y se basan en el desarrollo de las capacidades esenciales de la institución. Las competencias laborales se dividen en básicas, genéricas y técnicas específicas.

Competencias personales: Se refiere a unas determinadas habilidades que debe tener aspirante para su ambiente y desarrollo personal.

- Capacidad de análisis.
- Sentido crítico, evaluativo y objetivo.
- Habilidad para la toma de decisiones.
- Transparencia y honradez
- Seguridad en sí mismo
- Responsabilidad

- Innovación y creatividad
- Iniciativa y pro-actividad
- Organización personal
- Orientación a resultados
- Orientación al cliente.
- Auto motivación y aprendizaje
- Poseer valores consistentes con los valores institucionales.

Competencias sociales: Se refieren a un determinado lenguaje que debe tener el aspirante para su ambiente social.

- Integración fluida y positiva del individuo a equipos de trabajo
- Comunicación efectiva, verbal y escrita
- Empatía
- Construcción de relaciones sociales positivas de largo plazo.
- Facilitar procesos de aprendizaje
- Facilitar procesos de cambio

Competencia gerencial: Se refieren a un determinado lenguaje de conocimiento y habilidades para poder gerenciar.

- Planificación y gestión
- Liderazgo situacional
- Negociación y concertación
- Resolución de conflictos
- Desarrollo del personal

Competencias Técnicas Específicas: Se refieren a un determinado lenguaje tecnológico o una función productiva en concreto.

- Conocimiento en programación de PLC.
- Conocimiento de redes de comunicación, computadores y servidores.
- Conocimiento de instrumentación.
- Conocimiento sobre el proceso de producción de cemento.

Requisitos académicos, laborales y legales: Detalle de grados académicos y especialidades requeridas, idiomas y grado de dominio necesario, experiencia y conocimientos requeridos y deseables que debe ostentar el individuo para ocupar el puesto.

- Estudio en Ingeniería Eléctrica en especialización “Automatización” o “Potencia”.
- Dominio del idioma inglés hablado y escrito.
- Experiencia mínima de 3 años en trabajos relacionados en automatización y control de plantas industriales, de preferencia plantas de producción de cemento.
- Estar colegiado con plenos derechos profesionales.

Plan de capacitación: La información acerca del perfil de puesto de trabajo y de las competencias necesarias para el personal del departamento de automatización y control serán consideradas para la elaboración del plan de capacitación en conjunto con el personal encargado de recursos humanos. A continuación se muestra una propuesta de capacitación para el personal del departamento.

| CURSOS | Nov-07 | Dic-07 | Ene-08 | Feb-08 | Mar-08 | Abr-08 | May-08 | Jun-08 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Técnicas de Liderazgo | | | | | | | | |
| Técnicas de Toma de Decisiones | | | | | | | | |
| Gestión de Proyectos | | | | | | | | |
| Redes de Comunicación y servidores | | | | | | | | |
| Instrumentación & Calibración | | | | | | | | |
| Proceso de Producción de Cemento | | | | | | | | |

Tabla 3.1.- Propuesta de capacitación.

Evaluación de desempeño: Una vez dictada toda la capacitación necesaria al personal del departamento se podrá comenzar desde ese momento con las evaluaciones de desempeño según las metas y resultados que tenga el departamento.

3.2.3 Base de Datos.

Todo proceso sin su información básica no puede desempeñar correctamente sus actividades. Lo mismo ocurre con el departamento de automatización & control, el cual necesita la información específica de todos los elementos y equipos que pertenecen al proceso de producción por cada área de trabajo.

Es por ello que se necesita como requisito inicial los listados de motores y de instrumentación & elementos eléctricos, para poder construir una base de datos con toda la información importante que necesita el sistema.

Muchas veces no se tienen identificadas claramente las señales de control, causando serios problemas dentro de la programación y la operación, ya que cuando ocurre un evento de fallo no se tiene identificado de que equipo proviene dicha señal, aumentando los tiempos de respuesta de reparación.

A nivel de grupo se tienen formatos estándares para el levantamiento de la información que se necesita para el departamento, por ello se trabajara con dicho formatos para no alterar ningún esquema ya aprobado. En el anexo 2 se puede observar estos formatos.

3.2.4 Descripciones Funcionales.

El documento de la descripción funcional es un procedimiento de tipo operacional que incluye mucho los campos en lo que hace énfasis la metodología de confiabilidad operacional, ya que se trabaja en la parte del proceso, seguridad necesaria para operadores y maquinas, además que es un documento útil para capacitación del personal del área de una manera mas técnica. Para el personal de mantenimiento es útil para poder fijar parámetros de control para mantenimientos, alarmas en caso de problemas, etc.

Si enumeramos los beneficios de realizar este documento e implementarlo, se puede enumerar los siguientes:

- Manejo del proceso mediante guías de operación.
- Optimización del proceso de una manera ordenada y documentada.
- Identificación posibles riesgos para el personal.
- Estandarización de lógica de control.
- Documento para capacitación de todo el personal acerca del proceso.
- Identificación de equipos críticos y no críticos para mantenimiento y proceso.
- Identificación de señales criticas para el proceso.
- Detalle de fallas funcionales de la lógica por elemento de control en campo.

- Listado de equipos relacionados por grupo de arranque.
- Optimización de tiempos de proceso.
- Análisis de controles necesarios.
- Puntos potenciales para automatizar en su totalidad, etc.

No existe ninguna desventaja al realizar este tipo de procedimiento funcional, son mas las ventajas que se tienen al realizarlo, es por ello que es una solución optima para capacitar y aumentar el conocimiento de nuestro personal acerca del proceso y mejorar nuestros procesos mejorando la lógica de control, con ello reduce paradas no programadas por fallas humanas y de programación (software). Adicionalmente se puede identificar elementos de control que afectan directamente al proceso y con ello paradas inesperadas del área, donde se daría mas énfasis en el mantenimiento.

Pero la solución no es solo resolver los puntos de capacitación, procesos y mantenimiento de los elementos de control, adicional a esto hay que realizar un análisis de confiabilidad de diseño de los equipos que se tienen en el sistema de control para así completar todos los bloques del modelo de confiabilidad operacional.

Una descripción de como funciona todo el proceso de un área específica no es solo un documento donde se redacte de forma general como funciona dicha área, es un documento donde contiene información muy importante tanto para la parte operativa como para los ingenieros de automatización, optimización y mantenimiento.

El detalle de lo que contienen el documento es la siguiente:

1. Introducción.
2. Equipos relacionados al proceso.
3. Detalle de Grupo # 1.
 - 3.1 Descripción General.
 - 3.2 Secuencia de Arranque.
 - 3.3 Secuencia de Parada.
 - 3.4 Detalle de Seguridades (interlock's)
 - 3.4.1 Seguridades de Grupo.
 - 3.4.2 Seguridades de Equipos.
 - 3.5 Controles.
 - 3.6 Alarmas.
4. Guías de Operación.

5. Variables de Proceso.

6. Tendencias

La elaboración y aprobación de dicho documento no es solo de una persona, sino es de un grupo conformado por personal operativo (hombres de área, electricistas, instrumentistas, mecánicos y lubricadores) e ingenieros de la parte de automatización, optimización y mantenimiento.

La descripción funcional contiene información muy útil tanto para mejoras en la área de automatización con respecto a la estrategia de control, para el área de optimización ya que se puede analizar puntos potenciales de mejora, para mantenimiento porque puede analizar como trabajar los equipos y a cuales equipos son mas críticos para el proceso y por su puesto para capacitación es una herramienta con la que se puede capacitar del proceso a muchas mas personas de una manera mas técnica.

Para fines de estudio se iniciara la realización de la descripción funcional en uno de los molinos de cemento de la planta, para luego hacer su implementación y finalmente proceder a la evaluación final de los resultados.

3.2.5 Procedimientos de Trabajo.

Los procedimientos necesarios por su importancia para el departamento son los procedimientos de cambios en el sistema y de análisis de falla.

Procedimiento para Cambios en el Sistema:

Es un procedimiento guía para tomar las acciones correctas cuando se desea modificar algo en el sistema de automatización. El procedimiento de trabajo ayudara a crear un orden en todos los trabajos que se realicen como cambios en el sistema, ya sea por mejora por parte de optimización o implementaciones nuevas que se dan por proyectos. Toda modificación será documentada para que cuando se necesite pueda ser consultada por el personal propio de la planta ó a su vez este disponible para ser proporcionada a otras plantas como información requerida de experiencias que se han tenido.

Documentar las experiencias que se realizan en cada modificación ó proyecto nuevo, además de tomar como ejemplo las mejores practicas de otros grupos son acciones que son elementos de la Gestión del Conocimiento, ya que se trata de conectar a la gente con la información, y esta a su vez ser analizada, implementada, mejorada y transferida con las mejoras a otros grupos que requieran de dicha información. Es por eso que gestionar la información es aprovecharla como una ventaja competitiva para poder tomar decisiones para una mejora total.

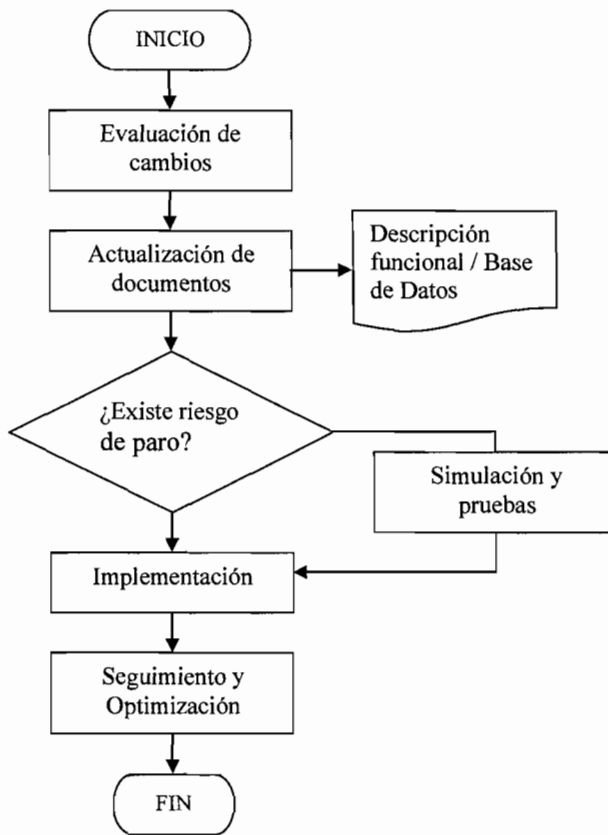


Figura 3.2.- Procedimiento de cambios en el sistema.

Evaluación de cambios: Antes de realizar cualquier modificación en el sistema de automatización & control, hay que evaluar si las modificaciones requeridas son necesarias y que beneficios va a traer al proceso. Realizando una evaluación preliminar podemos minimizar el riesgo de errores en el control.

Actualización de documentos: Toda modificación o proyecto nuevo en el sistema implica cambios en la documentación como son: planos y bases de datos. Por ello

todo cambio en el sistema tiene que ser aprobada con su respectiva justificación y actualización de la documentación, además de analizar si existe algún tipo de riesgo de parada de equipos para proceder con otro tipo de acción.

Simulación y pruebas: Todo cambio o proyecto nuevo que implique algún tipo de riesgo de paro del proceso, hay que realizar pruebas preliminares con el simulador de proceso, para garantizar el correcto desempeño de los cambios realizados, sin afectar la operación.

Implementación: Una vez que se tiene validado los futuros cambios o modificación se proceden a la implementación de los mismos en el sistema. Tiene que existir en todo momento comunicación con todas las partes interesadas, como son: operadores de cabina, personal de producción y mantenimiento.

Seguimiento y optimización: Luego de todo proyecto hay que realizar seguimientos de los cambios realizados, ya que pueden existir condiciones que no fueron consideradas en las pruebas de simulación, esto es parte de la mejora continua de todas las actividades que se realizan.

Procedimiento de Análisis de Fallas:

Un procedimiento para analizar fallas dentro de un sistema es muy importante ya que ayuda mediante herramientas de evaluación a encontrar una causa raíz con soluciones planificadas para su eliminación definitiva.

Muchas veces realizamos nuestro análisis, encontramos la causa raíz del problema, planteamos posibles soluciones y finalmente implementamos las mejoras en el tiempo que se las planifico, pero muy rara es la vez en que compartimos nuestra experiencia con otras personas.

Transferir nuestras experiencias de errores ó que se han tenido es gestionar la información de experiencias vividas a otras personas que desean conocerlas y aumentar su conocimiento acerca de ciertos problemas, con el fin de tomar las medidas preventivas del caso y evitar que dichas fallas se sigan presentando. Esto es una organización que aprende de lecciones, que comunica, que da sus experiencias para lograr un bienestar global.

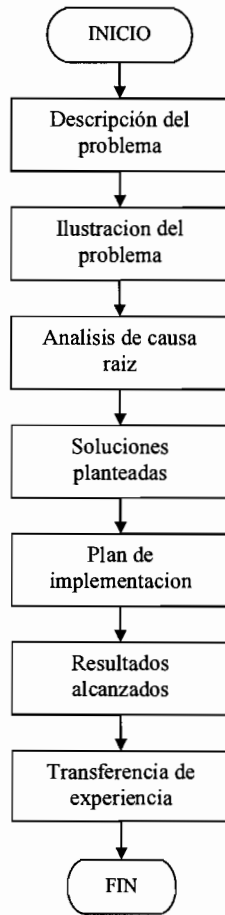


Figura 3.3.- Procedimiento de análisis de fallas

Entonces el procedimiento básico para analizar fallas en nuestro sistema es:

1. **Descripción del problema:** es un detalle muy específico de la falla que se presento. Para lograr detallar de una manera muy simple, es suficiente contestar ciertas preguntas básicas, pero que proporcionan mucha información, estas son:
 - ¿Qué ocurrió?
 - ¿Dónde se presento el problema?
 - ¿Cuándo y a que hora?
 - ¿En cuánto esta valorada la perdida?

2. **Ilustración del problema:** aquí lo que se pretende es visualizar donde ocurrió la falla y quienes fueron los involucrados si estos existieran. Es muy importante proporcionar fotos ó cualquier tipo de evidencia que ayude para el análisis de la causa raíz.

Cuando existen problemas de tipo de diseño, es muy importante tener a la mano documentación como planos, cálculos técnicos, manuales de equipos, listas de especificación, etc.

3. **Análisis de causa raíz:** es una herramienta muy conocida y de mucha utilidad a la hora de realizar un análisis cuando existen problemas, se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

A la hora de analizar las posibles causas por las cual se presento el evento de falla es muy importante no descartar ninguna causa que se expone (técnica de lluvia de ideas) ya que cualquier idea expuesta puede acercarse mas a la causa raíz.

Adicional a la técnica de lluvia de ideas existe la técnica de los 5¿Por qué?, la cual consiste en realizar la pregunta cuantas veces se pueda, con la finalidad de quedarnos con una única causa.

4. **Soluciones planteadas:** Luego de encontrar una ó más causas en la evaluación de causa raíz, se proponen múltiples soluciones con los responsables por cada actividad.
5. **Plan de implementación:** La planificación es únicamente dar una fecha en la cual el responsable terminara de implementar la solución a la cual esta siendo responsable.
6. **Resultados alcanzados:** Aunque las acciones que fueron planteadas como soluciones definitivas para eliminar el problema ya fueron implementadas en su totalidad y con éxito, siempre es necesario dar seguimiento a dichas acciones para evaluar si el evento de falla que ocurrió esta definitivamente eliminado.
7. **Transferencia de experiencias:** Muchas veces se han tenido problemas muy críticos, que se han analizado y encontrado soluciones excelentes eliminando de raíz el problema. Pero también se ha visto como los mismos problemas se han presentado una y mas veces en otras áreas de procesos u otras plantas de grupo, pudiéndose haber evitado transfiriendo las lecciones aprendidas que se tuvieron con el primer evento de falla.

Por ello, es muy importante gestionar la información de una manera más efectiva, con la finalidad de que las experiencias puedan llegar a quien la necesite y se puedan prevenir eventos de fallas iguales ó similares dentro del proceso de producción.

3.2.6 Mantenibilidad del Sistema y Equipos.

La mantenibilidad del sistema y de los equipos en uno de los pilares más importantes en el proceso de automatización, ya que sin su existencia se podría tener serios daños en los equipos de control como son los PLC's, computadores, servidores, etc. Es por eso que se necesita gestionar el mantenimiento de todo el hardware y software para poder mantener un sistema de control seguro y confiable para las actividades de producción. Con la finalidad de lograr los objetivos, hay que realizar las siguientes actividades.

- Implementar indicadores de gestión.
- Realizar e implementar planes de mantenimientos basado en estrategias.
- Establecer una política de actualización y/o reemplazo de equipos.
- Gestión de repuestos.

Como parte de estudio se trabajara en la implementación de los indicadores de gestión para los equipos de control del departamento, las actividades como planes de mantenimiento, política de actualización y reemplazo, y la gestión de repuestos para el departamento no serán consideradas en este estudio, pero se recomienda la elaboración de las mismas.

Implementar indicadores de gestión: En el capítulo 1 se describieron algunos indicadores de gestión importantes, para los efectos de este trabajo se escogieron 2 indicadores que ayudaran a evaluar a los equipos de control específicamente los controladores lógicos programables (PLC's) como su periferia de campo distribuida. Los indicadores de gestión a evaluar son:

- Tiempo medio entre fallas
- Disponibilidad del equipo.

Disponibilidad: es una función que permite estimar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

Horas de Marcha

Tiempo Calendario (H)

Tiempo Medio entre Fallos (TMEF): indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo, es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.

Tiempo actual de operación (h)

Paradas Internas

3.2.7 Optimización del Sistema.

Un sistema de control jamás esta libre de errores ó de oportunidades de mejora, ya que en un proceso de producción siempre cambian las condiciones de operación ó las materias primas. Se puede obtener información de donde es necesario mejorar el sistema mediante las siguientes formas:

- Entrevistas con clientes internos. (áreas de proceso y operadores de cabina).
- Auditorias periódicas.

Entrevistas con clientes internos: La finalidad de todo servicio es de satisfacer las necesidades que tienen los clientes. En este caso, la obligación del departamento de automatización & control es de cumplir con las necesidades que tienen los operadores de control central y el personal de las área de proceso, sean estos mantenimiento (eléctrico y mecánico) y producción.

Para poder optimizar y mejorar continuamente hay que saber que necesita el cliente, por ello es necesario mantener contacto a diario para poder conocer posibles debilidades que pueda tener el sistema y tomar una acción de corrección que evite un riesgo de parada de área ó incluso un riesgo critico al personal.

Auditorias periódicas: Las auditorias periódicas son para garantizar que el funcionamiento del proceso y de los equipos sean acorde a las necesidades que tenga la planta.

Estas auditorias ayudan a realizar una revisión de todas las seguridades físicas y de software, para ver si se encuentren en óptimas condiciones para desempeñar su trabajo sin novedad durante la operación normal. Se sugiere realizar este tipo de inspecciones con una frecuencia moderada de 3 meses para poder evitar posibles riesgos tanto al personal directo e indirecto (contratistas), como también a los equipos y elementos del proceso.

3.3 Conclusiones.

- Se concluye que el esquema de automatización de calidad es una solución técnica de mejora continua que contempla entre sus pilares temas relacionados con la Gestión de Calidad (ISO); enfocada estrictamente a procedimientos operacionales y de trabajo, además que se adicionan los conceptos de Confiabilidad Operacional en todos sus pilares.

APLICACION DE SOLUCIONES

4.1 Introducción.

Este capítulo mostrará los resultados alcanzados con la implementación de las mejoras realizadas en el departamento de automatización & control, además se indicarán los beneficios y ahorros que se han logrado con las mejoras implementadas, siendo una recomendación para las demás áreas del proceso de producción de cemento.

En la introducción de la tesis se plasmaron unos objetivos los cuales se tomarán en este capítulo como referencia para la evaluación de la solución implementada. Los objetivos trazados fueron:

Objetivo General.

Disminuir las paradas no programadas por problemas ocasionados directamente por el sistema de control automático de la planta.

Objetivos Específicos.

Entre los objetivos específicos que se trazaron al inicio de esta tesis, fueron los siguientes:

- Tener una operación más estable, que asegure un incremento en la producción del equipo principal.
- Reducción de alarmas innecesarias para el operador de control central.
- Elaborar una modelo que integre una solución en los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de seguridad y recurso humano.
- Que el departamento de automatización & control central cumpla con la política y los objetivos del sistema de gestión integral de la planta, mejorando de manera continua sus procedimientos de trabajos internos.

Una vez indicados los objetivos que se tenía como meta para la realización del presente estudio, se continuará con el detalle de los trabajos de implementación.

4.2 Aplicaciones Realizadas.

Como se indicó en el capítulo anterior se diseñó un modelo en el cual se utilizan todos los recursos que posee la empresa, el cual incorpora trabajar en los procedimientos operacionales y de trabajo, enfocar los esfuerzos en el recurso humano, mejorar la mantenibilidad de equipos, y finalmente aumentar la confiabilidad del equipo y del sistema mediante herramientas de confiabilidad.

Como solución integral de todos estos requerimientos se diseñó el modelo de automatización de calidad, en el cual se detalla todo lo necesario para alcanzar los niveles estelares que requiere la empresa. Este modelo no solo es aplicable a este tipo de plantas de producción, sino que es aplicable a cualquier tipo de plantas donde se necesite diseñar un sistema de automatización & control para todo su proceso de producción.

El modelo de automatización de calidad consta de 7 pilares que son claves para el diseño de este sistema, los cuales son: características de diseño, habilidades técnicas del personal, base de datos, descripciones funcionales, procedimientos de trabajo, mantenibilidad del sistema y equipos, y finalmente optimización del sistema.

Con la finalidad de cumplir con los objetivos del proyecto se implementara inicialmente los pilares que son prioritarios para iniciar el proceso de mejora en el departamento de automatización & control. Estos pilares son: base de datos, descripción funcional y procedimientos de trabajo. Los trabajos de implementación se realizaran en la primera línea del área de cemento.

La base de datos que se tiene en formato de Excel de toda la información necesaria que es de entrada para nuestro proceso de automatización & control, se encuentra detallada en el anexo 1. Estos listados contienen la información de las señales digitales y análogas de todo el sistema de control del área de cemento # 1, que servirá para realizar el procedimiento operacional (descripción funcional) del área.

La descripción funcional del área de cemento # 1 se detalla en el anexo 1. Como ya se indico en el capítulo 3 este procedimiento operacional tiene las secuencias de arranque y paro del proceso, sus seguridades (interlock's) necesarias para el proceso y equipos, así como también sus guías de operación y tendencias necesarias para controlar el proceso.

Los procedimientos de trabajo que se proponen son el procedimiento para cambios en el sistema y el procedimiento de análisis de fallas. Estos procedimientos se encuentran detallados en el capítulo 3.

4.3 Resultados Alcanzados

En esta sección se analizarán los resultados de la implementación de los pilares que se indicaron del modelo de automatización de calidad propuesto e implementado para cumplir con los objetivos trazados en este estudio.

1. Cumplimiento del Objetivo Principal.

La siguiente gráfica muestra una tendencia del comportamiento de las horas perdidas de producción por paradas no programadas por el sistema de automatización & control desde enero del 2006 hasta la fecha actual de implementación.

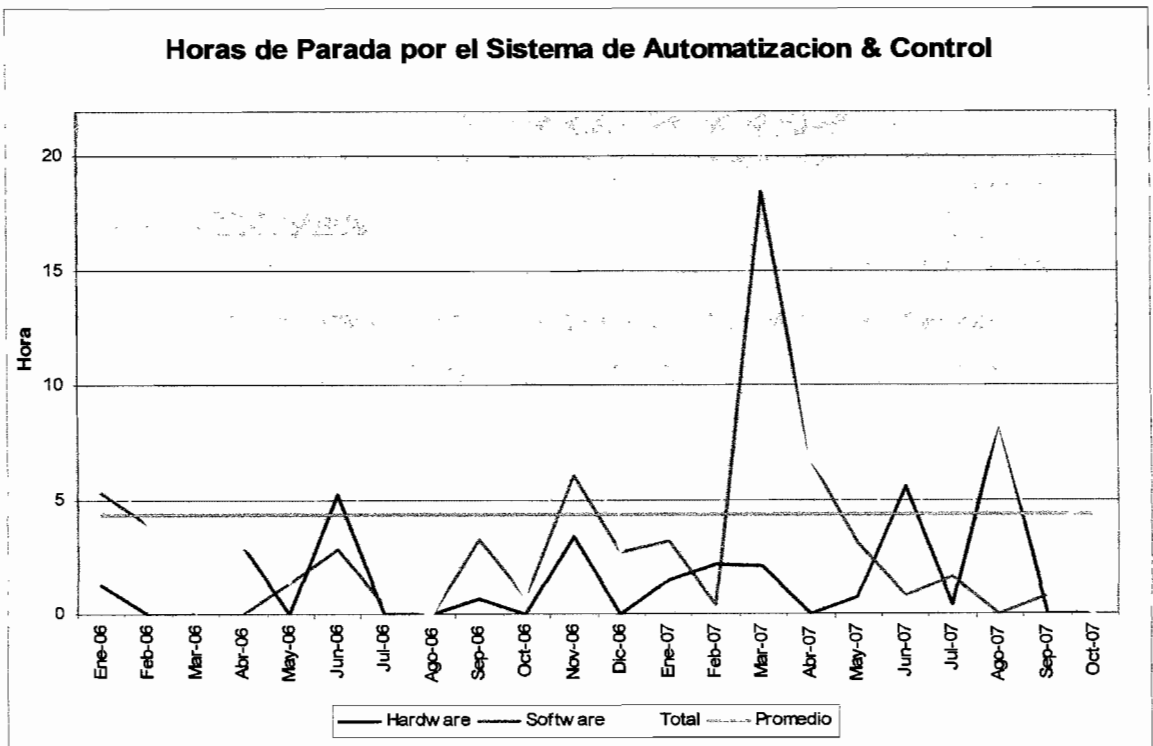


Figura 4.1.- Horas de Parada por el Sistema de Automatización & Control

La grafica anterior muestra como ya se indico un histórico de las cantidades de horas perdidas por las paradas del sistema de control. Se observa un pico de de 22 horas perdidas en total de todo el mes de marzo del año 2007.

Cabe indicar que en la grafica se indica un desglose del total de horas perdidas, sean estas paradas por hardware y software del sistema de automatización & control. El trabajo de mejora es específicamente con la programación de lógica de control por medio de procedimientos operaciones (descripciones funcionales), además de la implementación de procedimientos de trabajo que se implementaron en conjunto con el descriptivo funcional.

Si bien es cierto las paradas por hardware del sistema de automatización & control no es parte de estudio, de igual manera se iniciaron los trabajos como parte de mejora del sistema dentro del departamento.

La implementación del procedimiento operacional (descripción funcional) en el área de cemento # 1 y de los procedimientos de trabajo para el departamento realizada al inicio del mes de agosto tiene como resultado una disminución de las paradas no programadas por el sistema de automatización & control en los meses siguientes de septiembre y octubre, tal como se puede apreciar en la figura 4.1.

Evaluación Financiera.

Para iniciar una evaluación financiera de las soluciones planteadas para el proyecto de mejora del departamento de automatización & control, se muestra la siguiente figura que indica las perdidas en dólares (\$) que se han tenido en cada mes desde el año 2006.

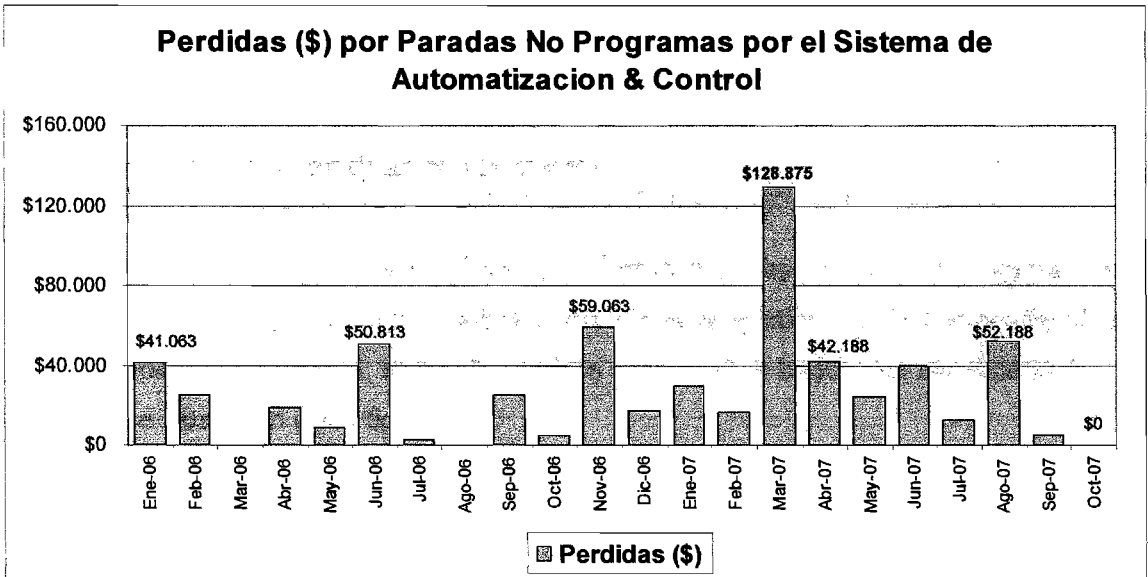


Figura 4.2.- Perdidas en dólares (\$) por Paradas No Programas por el Sistema de Automatización & Control

Las pérdidas de la figura 4.2 se calcularon con un costo de pérdida de producción de 50 \$ / tonelada de cemento, además se considero una producción promedio del molino de 125 toneladas / hora, teniendo como resultado una perdida económica por no producir de \$ 6.250 por hora. Cada hora que se evite de parar por problemas del sistema de automatización la empresa se ahorrara este monto.

Los costos para realizar la implementación de estas mejoras se basa en la ocupación del personal propio de la planta, porque la elaboración del procedimiento operacional es en conjunto con todo el personal interesado sean estos mantenimiento, automatización, proceso y optimización de la planta. Lo positivo de la elaboración del procedimiento con el personal propio es que el conocimiento se queda dentro de la propia planta (Know-How).

Luego de tener el procedimiento operacional (descriptivo funcional del área) se realiza los cambios en la programación con personal propio del departamento de automatización.

Para efectos de cálculo se puede considerar el costo hora-hombre de cada personal propio que interviene tanto en la elaboración del procedimiento operacional como en las modificaciones de la programación de la lógica de control. El costo por hora de cada personal propio es de \$ 4,50. La inversión total por 5 ingenieros

(mantenimiento eléctrico, mantenimiento mecánico, automatización, producción y optimización) por un trabajo que se puede desarrollar en unas dos semanas como máximo es de \$ 225, costo bastante insignificante con los beneficios operativos y económicos que se tendrían con la mejora.

En conclusión, el procedimiento operacional ayuda en la mejora de la programación de la lógica de control y con ello la operación del equipo principal que es el molino de cemento, teniendo ahorros económicos bastantes significativos, así como se observan en la figura 4.2.

2. Cumplimiento de los Objetivos Específicos.

A continuación se justificará el cumplimiento de los objetivos específicos que se mencionaron al inicio del estudio.

A.) Tener una operación más estable, que asegure un incremento en la producción del equipo principal.

El área de cemento produce diferentes tipos de cemento los cuales son: tipo I, tipo II, tipo GU y tipo HE. Las siguientes gráficas muestran la estabilidad de las operaciones y del incremento en la producción del molino de cemento desde el año 2006 hasta la fecha.

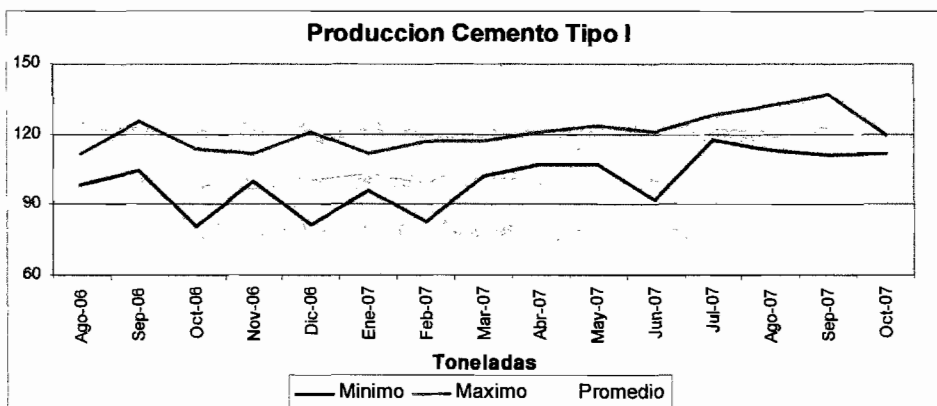


Figura 4.3.- Producción de Cemento Tipo I

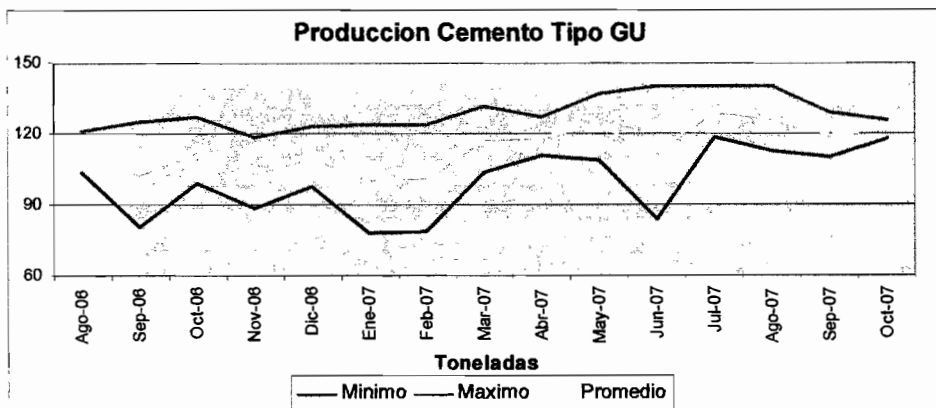


Figura 4.4.- Producción de Cemento Tipo GU

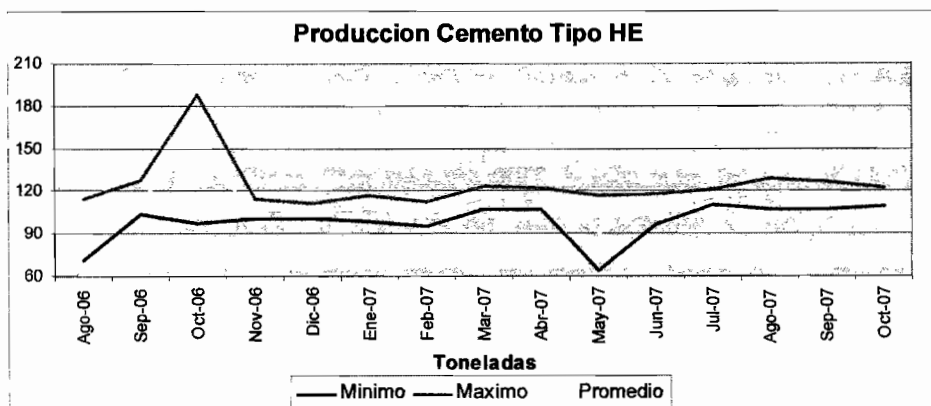


Figura 4.5.- Producción de Cemento Tipo HE

Se observa en las figuras anteriores una reducción de la variabilidad en la producción de cada tipo de cemento, reflejada por la mejora en la operación y control de su proceso. Las mejoras obtenidas son como resultado de la implementación de los procedimientos operacionales (descriptivo funcional del área) que ayudó a mejorar la lógica de programación, depurando cierta información del proceso que no agregaba valor al control.

La figura del tipo de cemento II no se indica ya que no se tienen valores de todos los meses, ya que solo se ha producido en meses específicos. La siguiente figura es un resumen total de la producción, donde se puede apreciar un importante incremento.

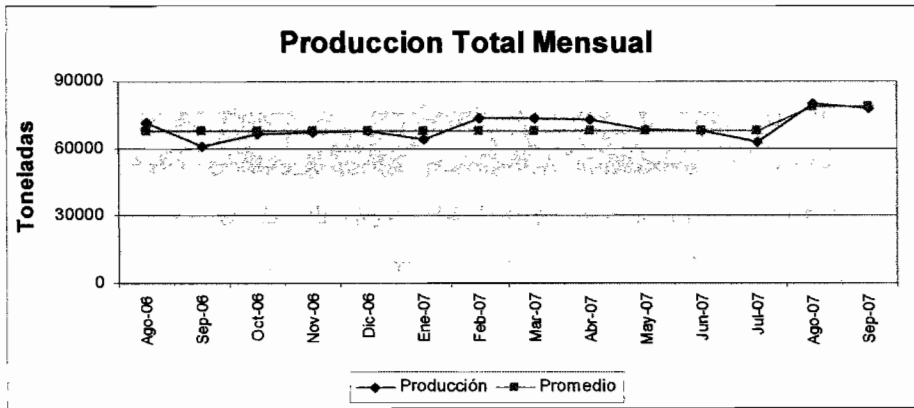


Figura 4.6.- Producción Total Mensual

Como se puede observar en la figura anterior la producción total mensual muestra un incremento importante en producción desde el mes de agosto, aproximadamente unas 10.000 toneladas debido a las mejoras realizadas.

B.) Reducción de alarmas innecesarias para el operador de control central.

Antes de la modificación, el sistema de automatización & control generaba mas de 100 alarmas innecesarias diariamente, provocando confusión y malas acciones del operador. Después de las modificaciones se mejoro notablemente la generación de alarmas y teniendo solo aquellas que realmente indican errores en el sistema.

C.) Elaborar una modelo que integre una solución en los campos de mantenimiento, procesos operacionales y de seguridad y recurso humano.

El modelo de automatización de calidad es aquel que es propuesto en el capítulo 3, de los 7 pilares que se plantearon como claves para implementar cualquier sistema de automatización en cualquier planta de producción, se utilizaron 3 pilares para la implementación los cuales fueron: base de datos, descripción funcional y los procedimientos de trabajo. Estos pilares fueron claves para disminuir las paradas no programadas y aumentar la producción del molino de cemento.

D.) Cumplimiento con la política y los objetivos del sistema de gestión integral.

Con los 7 pilares del modelo de automatización de calidad se cumple con la política y objetivos de sistema de gestión de la planta, ya que se contemplan todos los campos en los cuales la norma ISO se refiere en cada uno de sus literales.

El modelo exige trabajar con el recurso humano, con los procedimientos operacionales y de trabajo, mantener los equipos de control en óptimas condiciones, asegurando su confiabilidad para el proceso, y por último exige estar mejorando continuamente mediante auditorías al sistema de control y entrevistas con nuestros clientes internos para conocer su satisfacción acerca del servicio que ofrece el departamento de automatización & control.

4.4 Conclusiones.

- Se concluye que las mejoras realizadas en el departamento de automatización & control central han mejorado la estabilidad del control del proceso de producción del molino de cemento # 1, teniendo como resultado un ahorro de dinero (\$) por la disminución de las paradas no programadas.
- Se concluye que las mejoras realizadas además de ayudar con la reducción de las paradas no programadas, aumentó el rendimiento del equipo principal, aumentando su producción en aproximadamente 10.000 toneladas por cada mes.

CONCLUSIONES

- Se concluye que la interacción entre el departamento de automatización & control central con los departamentos de proceso hace que sea un pilar fundamental en la producción del cemento, por lo cual el departamento de automatización tiene que garantizar una operación confiable y de calidad con el mínimo de paradas no programadas, a fin de cumplir con los objetivos de la empresa.
- Se concluye que el problema científico es por lo tanto la existencia de numerosas pérdidas de producción por paradas no programadas por problemas en el sistema de control automático de la planta.
- Se concluye además que la parte administrativa del departamento necesita estructurar un sistema para poder gestionar mejor sus procesos de trabajo en los campos de mantenimiento, procesos operacionales, seguridad operacional y física, y recurso humano.
- Se concluye que el esquema de automatización de calidad es una solución técnica de mejora continua que contempla entre sus pilares temas relacionados con la Gestión de Calidad (ISO); enfocada estrictamente a procedimientos operacionales y de trabajo, además que se adicionan los conceptos de Confiabilidad Operacional en todos sus pilares.
- Se concluye que las mejoras realizadas en el departamento de automatización & control central han mejorado la estabilidad del control del proceso de producción del molino de cemento # 1, teniendo como resultado un ahorro de dinero (\$) por la disminución de las paradas no programadas.
- Se concluye que las mejoras realizadas además de ayudar con la reducción de las paradas no programadas, aumento el rendimiento del equipo principal, aumentando su producción en aproximadamente 10.000 toneladas por cada mes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar la implementación de todos los pilares del esquema de automatización de calidad en el área de molino de cemento # 1, para alcanzar los objetivos de mejora deseados.
- Se recomienda implementar la propuesta de solución del esquema de automatización de calidad para todas las áreas de proceso de la planta a las cuales el departamento de automatización da servicio de supervisión y control del proceso y equipos.
- Se recomienda divulgar este trabajo para generalizar su aplicación en las diferentes empresas de producción.

BIBLIOGRAFIA

Libros.

- [1] Tony Barnes , “Como lograr un liderazgo exitoso – Guíe su organización hacia el futuro”, Editorial Mc Graw Hill, Primera edición, Colombia.
- [2] Lee J. Krajewski / Larry P. Ritzman, “Administración de Operaciones – Estrategias y Análisis”, Editorial Pearson Prentice Hall, Quinta edición, Colombia.
- [3] Chase Aquilano Jacobs, “Administración de Producción y Operaciones – Manufactura y Servicios”, Editorial Mc. Graw Hill, Octava edición, Colombia.
- [4] Luís Amándola, “Modelos Mixtos de Mantenimiento”, Publicado por Datastream www.mantenimientomundial.com, Colombia.
- [5] Raul R. Prando, “Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida” Editorial Piedra Santa S.A., Primera edición, Guatemala.
- [6] Arturo Inda Cunningham, “El Mapa – Una guía para el mejoramiento de la calidad en la pequeña y mediana empresa, basada en el método de W. Edwards Deming.” Publicado por la Organización de los Estados Americanos OEA, Primera edición, Estados Unidos.
- [7] Philippe Lorino, “El control de gestión estratégico – La gestión por actividades” Editorial Alfaomega, Primera edición, Colombia.
- [8] Robert S. Kaplan / David P. Norton, “Como utilizar el Cuadro de Mando Integral – Para implantar y gestionar su estrategia” Edición Gestión 2000, Primera edición, Barcelona, Espana.
- [9] Yoran Malevski / Alejandro Rozotto, “El camino y la Meta”, Editorial Piedra Santa, Primera edición, Guatemala.
- [10] Philip E. Hicks. “Ingeniería Industrial y Administración” Una nueva perspectiva. Editorial CECSA
- [11] S. Nahmias “Análisis de la Producción y las Operaciones” Editorial CECSA.
- [12] Manuel Francisco Suárez Barraza, “El KAIZEN, Una Filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración de la Calidad Total”, Editorial Panorama.

Artículos Técnicos.

- [13]. Medardo Yañez, Jose L. Perdomo, Hernando Gomez de la Vega, “Ingeniería de Confiabilidad: Pilar Fundamental del Mantenimiento”, Publicado por Reliability and Risk Management S.A
- [14]. Charles J. Latino, President, Reliability Center, Inc. “Definición y logro de la cultura de la confiabilidad”
- [15]. Luis Felipe Sexto, (2004). “El TPM y la Gestión del Conocimiento” Publicado por la Universidad Cujae de Cuba. www.cujae.edu.cu.
- [16]. Sandra Aranguren / Rocco Tarantino, “Sistemas para la detección y diagnóstico de fallas: Implantación Industrial”, Publicado por la Universidad de Pamplona, Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones y Desarrollo de Tecnología Aplicada, Colombia.
- [17]. Ramón Sanguino Galván, “La Gestión del Conocimiento. Su Importancia como Recurso Estratégico para la Organización”, Diploma de Estudios Avanzados que acredita la Suficiencia Investigadora.
- [18]. Antonio Resa Freg, “Manufactura de Clase Mundial WCM, Un Modelo Integral para las Empresas que Quieren Sobrevivir”, publicado en www.relianceus.com
- [19]. ISO, “Orientación acerca del apartado 1.2 Aplicación de la Norma ISO 9001:2000”, Marzo 2001.
- [20]. Luis Amándola, “Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento”, Publicado por www.mantenimiento.com.
- [21]. SESCAM, “La Gestión por Procesos”, Octubre 2002.

Artículos de Conferencias.

- [22]. Ing. MSc. Oliverio García Palencia. “La Cultura de la Confiabilidad Operacional” Publicado en el VI Congreso Internacional de Mantenimiento.
- [23]. Msc. José Bernardo Duran “Que es Confiabilidad Operacional” Publicado en el Congreso Nacional de Mantenimiento, Costa Rica.
- [24]. Alfredo Serpell “Fundamentos de la Gestión de la Calidad” Notas de Diplomado de Extensión en Gestión y Mejoramiento de la Calidad Chile, 2005

- [25]. Ing. Maria Beatriz Cáceres “Como Incrementar la Competitividad del Negocio mediante Estrategias para Gerenciar el Mantenimiento”. VI Congreso Panamericano de Ingenieria de Mantenimiento, Septiembre 2004, México.
- [26]. Oliverio García Palencia, “La Confiabilidad Humana en la Gestion del Mantenimiento”, Reliability World Sudamérica 2006, Bolivia.
- [27]. Leonardo Urbiola Soto / Gabriel Ventura Suárez “Estimación de la Confiabilidad de Instalaciones de Proceso aplicando la Metodología Quality Function Deployment (QFD) y la Teoría Six Sigma”. VI Congreso Panamericano de Ingenieria de Mantenimiento, Septiembre 2004, México.
- [28]. ISO “Orientación acerca del apartado 1.2 Aplicación de la Norma ISO 9001:2000” Marzo 2001.
- [29]. Oliverio García Palencia, “El Análisis Causa Raíz, Estrategia de Confiabilidad Operacional”, Reliability World Latin América 2005, Colombia.
- [30]. Normas de Calidad ISO 18000.
- [31]. Normas de Calidad ISO 14000.
- [32]. Normas de Calidad ISO 9001:2000.

Artículos de Revistas.

- [33]. Juan Bravo C. “Competitividad de Clase Mundial” Revista la Meta publicación Otoño 2004.

Paginas WEB.

- [34]. Dr. C Laredo González Méndez “El Control Interno y El Cuadro de Mando Integra una poderosa combinaron intangible”, Internet.
- [35]. J. B. Duran “Nuevas Tendencias en el Mantenimiento en la Industria Eléctrica” articulo publicado por The Woodhouse Partnership Ltd.
- [36]. Rosendo Huerta Mendoza, “El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”, articulo publicado por Club de Mantenimiento, www.clubdemantenimiento.com.ar
- [37]. Aza Badurdeen, “Lean Manufacturing Basics”, Editado por www.leanmanufacturingconcepts.com, Primera edición.
- [38]. www.gestiondelconocimiento.net

[39]. www.gestiondeltalento.com

[40]. www.portaldelconocimiento.com

Normas de Diseño.

[41]. HGRS, Design Criteria, Capitulo 4, Suiza.

ANEXO 1:

Descriptivo Funcional Cemento # 1.

INTRODUCCION.

El objetivo principal planteado para este documento es realizar una descripción completa de la operación y control del proceso de Molienda de Cemento # 1. Este documento ayudará a tener una visión clara de como están desarrolladas las secuencias de arranque y paro, operación en marcha, interlocks, alarmas, controles y grupo de tendencias. El área de molienda de cemento tiene 3 grupos principales los cuales se detallan:

- Grupo 01: Alimentación
- Grupo 02: Molienda (incluye sistemas de inyección de agua y CONAMARA)
- Grupo 03: Recirculación y Descarga

Un interlock de equipo es una condición que promueve la detención de un determinado equipo y está dividido en: Interlock de Arranque, Interlock de Operación, e Interlocks de Protección (este interlock esta dividido en 2 partes, aquellos que se pueden tener en bypass y los que no), además se tiene los parámetros de campo propios de los equipos.

Interlock de Arranque: son específicos solo para el momento de arranque (local y automático), o sea que no puede iniciar su secuencia si no esta activado el interlock, después de que marcha el equipo no importa si se desconecta dicho interlock.

Interlock de Operación: este interlock actúa en el momento de arranque y durante la marcha pero solamente cuando esta en modo automático, en modo local no actúan.

Interlock de Protección: este interlock actúa en modo automático y manual, aquí se conectan todos los interlocks que indican falla del dispositivo. Este interlock de protección tiene 2 modos, solo el modo 2 se puede tener en by-pass el modo 1 no.

Adicional a estos interlock para cada motor se tienen las señales de desconexión con la disponibilidad (:K), Térmico (:T), Confirmación contactor (:R) y LIS (Local Isolator Switch) aplicado hasta motores de hasta 250 KW.

EQUIPOS RELACIONADOS.**Grupo Alimentación.**

| Código | Descripción | Capacidad/ Potencia Motor |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| K91-TL1 | Tolva de yeso | 75 ton |
| K91-TL2 | Tolva de limolita | 120 ton |
| 511-TL2 | Tolva de clinker | 140 ton |
| 531-2W1 | Aviso de arranque audible y visible | - |
| 531-BX1 | Balanza Schenk de yeso | 10 ton/h |
| 531-BX2 | Balanza Schenk de limolita | 45 ton/h |
| 531-BT1 | Banda transportadora de alimentación | 3.73 kW |
| 531-CQ1 | Compuerta balanza PFister de clinker | - |
| 531-DY1 | Balanza PFister de clinker | 140 ton/h |
| 531-DP1 | Dosificador de placas de yeso | 3.73 kW |
| 531-DP2 | Dosificador de placas de limolita | 3.73 kW |

Grupo Molienda.

| Código | Descripción | Capacidad/ Potencia Motor |
|---------------|--|--------------------------------------|
| 561-2W1 | Aviso de arranque audible y visible | - |
| 561-BZ1 | Bomba de aceite de alta presión de 561-EL1 | 2.24 kW |
| 561-BZ2 | Bomba de aceite de alta presión de 561-EL2 | 2.24 kW |
| 561-BZ3 | Bomba grasa sistema Farval | - |
| 561-BM2 | Bomba de aceite de baja presión de 561-EL1 | 2.4 kW |
| 561-BM3 | Bomba de aceite de piñón de 561-EL3 | 1.12 kW |
| 561-BM4 | Bomba de aceite de baja presión de 561-EL2 | 2.4 kW |
| 561-MB1 | Molino de cemento | 3133.2 kW |
| 561-AP1 | Embrague del molino | - |

Grupo Recirculación & Descarga.

| Código | Descripción | Capacidad/ Potencia Motor |
|---------------|---|--------------------------------------|
| 561-2W2 | Aviso de arranque audible y visible | - |
| 561-BM5 | Bomba de aceite del separador | 0.75 kW |
| 561-CU1 | Intercambiador de calor | 0.75 kW |
| 561-EC1 | Elevador de canguilones | 93.25 kW |
| 561-EU5 | Compuerta de salida del ciclón 561-CE1 | - |
| 561-EU6 | Compuerta de salida del ciclón 561-CE2 | - |
| 561-EU7 | Compuerta de salida del ciclón 561-CE3 | - |
| 561-EU8 | Compuerta de salida del ciclón 561-CE4 | - |
| 561-FT1 | Filtro de mangas principal | - |
| 561-FT2 | Filtro de mangas del separador | - |
| 561-FT3 | Filtro de mangas del elevador | - |
| 561-GU3 | Gusano filtro 561-FT3 | 1.12 kW |
| 561-PC3 | Compuerta del ventilador del separador | 300 VA |
| 561-PC6 | Compuerta del ventilador del filtro principal | 300 VA |
| 561-SP1 | Separador | 223.80 kW |
| 561-VE4 | Ventilador del aero-deslizador 561-AZ1 | 5.6 kW |
| 561-VE5 | Ventilador del filtro principal 561-FT1 | 149.2 kW |
| 561-VE6 | Ventilador del aero-deslizador 561-AZ4 | 5.6 kW |
| 562-VE7 | Ventilador del aero-deslizador 561-AZ3 | 3.73 kW |
| 562-VE8 | Ventilador del aero-deslizador 561-AZ2 | 5.6 kW |
| 562-VE9 | Ventilador del separador | 350.62 kW |
| 561-VEA | Ventilador del filtro 561-FT2 | 22.4 kW |
| 561-VEB | Ventilador del filtro 561-FT3 | 22.4 kW |
| 561-VED | Ventilador de 561-AZ6 y 561-AZ7 | 5.6 kW |
| 561-VEE | Ventilador de 561-AZ8, 561-AZ9 y 561-AZA | 5.6 kW |
| 591-GU8 | Gusano filtro 591-FTD | 1.12 kW |
| 591-GU9 | Gusano filtro 591-FTD | 1.12 kW |
| 591-MU1 | Muestreador | 0.75 kW |
| 591-VE1 | Ventilador del filtro 591-FTD | |
| 591-VEW | Ventilador 561-AZ5, 591-AZS, 591-AZT | |
| 591-VEM | Ventilador 591-AZH, 591-AZI y 591-AZK | |
| 591-VEN | Ventilador 561-AZK y 591-AZL | |
| 591-CD1 | Compuerta distribuidora. | |
| 591-EC4 | Elevador descarga cemento 1 a silos. | |

GRUPO 01: ALIMENTACION

Descripción General.

El grupo de alimentación es responsable por iniciar el proceso de molienda, alimentando el molino con yeso, clinker, limolita y puzolana con dosis específicas según el laboratorio dependiendo el tipo de cemento que se va a preparar. Para marchar el grupo de alimentación, algunas selecciones deben ser hechas previamente.

Son funciones del técnico de laboratorio:

- Seleccionar el tipo de cemento que se va a producir.

El técnico de laboratorio selecciona el tipo de cemento (1P-GU, Tipo I, Tipo II ó 1P-HE) según los requerimientos de producción y despacho. Una vez que se ha seleccionado el cemento a producir el sistema automáticamente elije el dosificador de placas que necesite para dicha producción.

- Verificar, cambiar si es necesario y confirmar la composición del cemento.

En la pantalla de laboratorio se mostrarán 3 columnas, la primera ingresa los valores de guía para la producción de cemento, aquí el técnico de laboratorio decidirá si ingresa los valores de la ultima producción o si ingresa una guía diferentes, en la segunda columna son los valores una vez aceptados por el técnico de laboratorio, en este momento dichos valores se transfieren a las balanzas y en la tercera es el registro de la ultima guía de producción.

- Ingresar los datos de calidad del cemento en el sistema:

El técnico de laboratorio ingresa los valores de SO₃, Retenido en malla 45 micras, SiO₂ en la pantalla del sistema de control para información de los operadores.

NOTA: Los valores de guía solo son aceptados para transferir a sus dosificadores si la suma es igual al 100 %.

Es función del operador de control central:

Ingresar el valor de set point de alimentación (t/h) al molino, el valor a ingresar puede ser entre 40 hasta 140 ton/h, si el valor esta fuera del rango, el sistema muestra un mensaje de error y conserva el último set point valido.

Basado en los valores de los porcentajes ingresados por laboratorio y en el valor de set point de la alimentación del molino ingresado por el técnico de control central, el sistema calcula y presenta los valores de dosificación de cada material en t/h en base húmeda.

Siempre que va a marchar el grupo de la alimentación, hay un aviso de arranque audible (sirena) por 15 seg. y un aviso de arranque visible (bola de fuego) que se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

Deben marchar solamente las balanzas seleccionadas automáticamente por el sistema. La compuerta 531-CQ1 se abre permitiendo que el clinker en la tolva 511-TL2 sea pesado y dosificado en la balanza 531-DY1; el yeso que sale de la tolva K91-TL1 es pesado en la balanza 531-BX1 y dosificado por el dosificador 531-DP1; la limolita que sale de la tolva K91-TL2 es pesada en la balanza 531-BX2 y dosificada por el dosificador 531-DP2. Una vez dosificados, los materiales son depositados en la banda transportadora 531-BT1, que lleva este material hasta la entrada del molino.

La calibración de las balanzas de yeso y limolita es completamente manual. La balanza de clinker tiene su propio sistema de calibración automático, que puede ser activado por el operador de control central, siempre que no este cayendo material por la tolva de clinker.

La banda 531-BT1 posé un motor reversible que la permite marchar hacia dos sentidos (X/Y). Siempre que marcha en remoto con el grupo, marcha en la dirección X, para alimentar el molino. La dirección Y es normalmente utilizada para permitir la calibración de las balanzas de yeso, limolita y clinker, por lo tanto, la banda marcha hacia esa dirección solo cuando está en local.

NOTA: El cambio de modo gravimétrico a volumétrico durante el llenado de tolva de Yeso tiene 2 opciones (automático / manual).

Modo automático que se da cuando las bandas K91-BT4 y K91-BT6 marchan en dirección hacia la tolva de yeso de cemento 1, además tiene que estar el rascador del PWH posicionado en las pilas de yeso, estas señales del área de Yeso & Limolita vienen por comunicación del PLC de Cemento 3.

Modo manual se cumple cuando el molino de cemento se encuentra embragado, la balanza de yeso se encuentra marchando y cuando el operador habilita el comando de selección en local balanza.

Secuencia de Arranque.

Para poder marchar el grupo de la alimentación se necesita:

- Disponibilidad de la sirena y bola de fuego.
- Molino de cemento este embragado.

1. Luego de activar el comando de arranque, se inicia un aviso de arranque visible y audible en el grupo. Luego de 15 segundos, el aviso de arranque audible se detiene. El aviso de arranque visible se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

2. Luego que se detiene la sirena, se prende los equipos:

531-BT1 Banda alimentación al molino.

3. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

531-DY1 Balanza Pfister Clinkler.

La 531-CQ1 abre junto con la 531-DY1 (trabaja con el sub-sistema Pfister).

4. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

531-BX1 Balanza de Yeso.

531-DP1 Dosificador de Yeso.

5. Después de 2 segundos, se prende el equipo:

| | |
|---------|--------------------------|
| 531-BX2 | Balanza de Limolita. |
| 531-DP2 | Dosificador de Limolita. |

NOTA: el comando de marcha y paro en automático lo realiza la tarjeta VLG de la schenck para las balanzas de Yeso y Limonita. La operación manual se realiza directamente desde el comando de la misma tarjeta, no es necesario tener el local de HMI ya que tiene un selector de campo.

Los dosificadores 531-DP1, 531-DP2 y 531-DY1 se aceleran automáticamente hasta valores predeterminados, siguiendo los valores que fueran definidos como Set Point de alimentación y composición del cemento.

Secuencia de Parada – Alimentación.

1. Luego de activar el comando de detención, se paran los equipos:

531-DY1 - La 531-CQ1 cierra junto con la 531-DY1 por la pfister.

531-BX1

531-BX2

2. Después de 8 segundos, para el equipo:

531-BT1

Detalle de Seguridades (interlock's).

Interlock de Grupo.- El grupo de la alimentación tiene los siguientes interlock de operación:

- Molino de cemento desembragado por 10 minutos.
- Dosificador Pfister parado.
- Si el dosificador de limonita fue seleccionado por cambio de producción de tipo de cemento y no se dio re-arranque del grupo de alimentación durante los siguientes 15 minutos, causaría un paro en el grupo de alimentación.
- Porcentaje de potencia del elevador de re-circulación mayor a 51 %.
- 591-EC1.J1 Potencia mayor a 35 % kW - activado por 30 seg.

- Si se activa el nivel de mariposa del elevador 561-EC1 y además la potencia alcanza una potencia de 51 %.
- Desviación flujo de clinker mayor a 5% por 15 min.
- Desviación flujo de yeso mayor a 5% por 15 min.
- Desviación flujo de limolita mayor a 5% por 15 min.

Interlock de Equipos.- A continuación se detallan los interlock de cada uno de los equipos que pertenecen al grupo de alimentación.

531-BT1: Banda Alimentación Molino.

Interlock de Protección:

- 531-BT1.R1 Banderola ubicada en la ET de campo. (*)
 531-BT1.R2 Banderola ubicada en la subestación. (*)
 531-BT1.S1 Switch Movimiento (Bero) por 5 seg.

* No se permite by-pass esta señal.

531-DY1: Balanza Pfister Clinkler

Interlock de Operación:

- 531-BT1.M1:RX Confirmación motor.
 531-BX1.C1:R Confirmación dosificador no actuada por 10 min.
 531-BX2.C1:R Confirmación dosificador no actuada por 10 min.

Interlock de Protección:

- 531-DY1.C1:F3 Falla rotor pfister clinkler.

531-BX1: Balanza de Yeso

La señal 531-BX1.C1:RDY (ready balanza) será considerada como señal de disponibilidad, de no existir indicará falla por dicho motivo.

Interlock de Operación:

- 531-DY1.C1:R1 Confirmación rotor on Pfister.

Interlock de Protección:

- 531-BX1.C1:F Falla balanza de Yeso.
 531-DP1.R1 Banderola del dosificador yeso.

531-BX2: Balanza de Limolita

La señal 531-BX2.C1:RDY (ready balanza) será considerada como señal de disponibilidad, de no existir indicará falla por dicho motivo.

Interlock de Operación:

531-BX1.C1:RConfirmación Alimentador Yeso

NOTA: además existe un interlock de operación automático que se da cuando el técnico de laboratorio selecciona el tipo de cemento, cuando no se requiere por el tipo de cemento limolita, automáticamente se quita su selección para su operación.

Interlock de Protección:

531-BX2.C1:F Falla balanza de Limonita.

531-DP2.R1 Banderola del dosificador limonita.

NOTA: El comando de marcha y paro para los dosificador de Placas de Yeso & Limonita además de la señal de set point de velocidad será desde la tarjeta VLG de la schenck (cableado físico), pero el control PID será enviado por el sistema de control actual a la misma tarjeta VLG, la finalidad de esta conexión es poder tener un comando local del dosificador con la posibilidad de variar la velocidad desde campo, por ello solo se tendrán como indicación algunas anunciaciones de fallas del dosificador, como:

- Switch de Piola (Banderola) – no actuado. (*)
 - Falla Variador Velocidad – activado.
- * No se permite by-pass esta señal.

Controles.

Las balanzas 531-BX1 y 531-BX2 son las encargadas de enviar la señal de flujo medido al sistema de control, el sistema de control se encarga de comparar la señal de campo con la deseada, para enviar luego la señal de velocidad al variador de velocidad de cada dosificador.

- **Automático** – control automático de la velocidad de la balanza basado en el porcentaje de dosificación que se asigna internamente de acuerdo al valor de alimentación ingresado por el operador de control central.
- **Manual** – el operador de control central ingresa el valor de SET POINT de salida (% rpm) que desea para el variador que controla la velocidad del dosificador.

Alarmas.

Todos los interlocks (arranque, operación y de protección) generan alarmas de fallo para el operador de control central. Las señales a continuación generan alarmas de advertencia, solo si el grupo se encuentra marchando :

- K91-TL1.W1 Peso menor a 25 ton.
- K91-TL2.W1 Peso menor a 60 ton.
- 511-TL2.W1 Peso menor a 50 ton.
- 531-DY1.C1:F1 Error corrección balanza de clinkler mayor a 2 %.
- 531-DY1.C1:F2 Valor de corrección excedido
- 531-BX2.C1:W Sobre peso balanza Schenk de limolita

GRUPO 02: Molienda

Descripción General.

El grupo de molienda es responsable por realizar y controlar el proceso de molienda para obtener una producción optima de un cemento de calidad.

Siempre que va a marchar el grupo de la molienda hay un aviso de arranque audible (sirena) por 15 seg. y un aviso de arranque visible (bola de fuego) que se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

Primeramente marchan las bombas de lubricación de alta presión (561-BZ1 y 561-BZ2), luego las de baja presión (561-BM2 y 561-BM4) y finalmente la bomba 561-BM3 del sistema de lubricación del piñón del molino. Después arranca el motor del molino (561-MB1), y por ultimo, el embrague del mismo (561-AP1). Una vez embragado, el molino empieza a girar y realiza el proceso de molienda de clinker, yeso y limolita, produciendo el cemento anteriormente especificado.

Después de un tiempo que el molino esté embragado, las bombas de grasa 561-BZ3.V1 y 561-BZ3.V2 comienzan a trabajar de manera alterna, su ciclo de funcionamiento será explicado más adelante.

Secuencia de Arranque.

Una de las condiciones para poder marchar el grupo de la molienda es que el grupo de recirculación se encuentre marchando todos sus equipos. Además renecesita que las sirenas pertenecientes al grupo de molienda se encuentren disponibles.

1. Luego de activar el comando de arranque, se inicia un aviso de arranque visible y audible en el grupo. Luego de 15 segundos, el aviso de arranque audible se detiene. El aviso de arranque visible se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

2. Después de la sirena, se prenden los equipos:

| | |
|---------|-----------------------------------|
| 561-BZ1 | Bomba de aceite de alta presión. |
| 561-BZ2 | Bomba de aceite de alta presión. |
| 561-BM2 | Bomba de aceite de baja presión. |
| 561-BM3 | Bomba de aceite del piñón molino. |
| 561-BM4 | Bomba de aceite de baja presión. |

3. Después de 2 minutos, se prende el equipo:

| | |
|---------|--------------------|
| 561-MB1 | Molino de Cemento. |
|---------|--------------------|

4. Después de 1 minuto, se prende los equipos:

| | |
|---------|-------------------------------------|
| 561-AP1 | Embrague Molino. |
| 561-VEC | Ventilador lanza de salida de agua. |

NOTA: La válvula del sistema de inyección de agua 561-IN1.V4 se activa inmediatamente cuando se embraga el molino, pero cuando se comienza con la inyección de agua, se apaga. Una vez terminada la inyección de agua y si el molino se encuentra embragado se activa nuevamente.

Para poder arrancar el ventilador de spray de agua de salida del molino (561-VEC) en remoto se necesita que el molino este embragado.

Las bombas de alta presión (561-BZ1 y 561-BZ2) se apagan 10 minutos después que se embraga el molino. Si las bombas están marchando y el molino desembraga, las bombas de alta (561-BZ1 y 561-BZ2) deben marchar durante 1,5 hora y apagarse.

Si el molino está embragado por 12 min., debe arrancar la bomba 561-BZ3.V1, dicha bomba inyectara de grasa durante 4 ciclos, en el quinto ciclo inyectara la bomba 561-BZ3.V2. Estas bombas son controladas por un switch de límite (562-BZ3:X1) que identifica el flujo máximo de grasa. Una vez que ese switch cambia de estado, la bomba que se encuentre encendida en este ciclo para, después de 12 min se reinicia el ciclo con la bomba que le toque. Y sigue este ciclo mientras el molino esté embragado. Si el switch de límite no cambia de estado después de 45 seg. que se prende cualquiera de las bombas, la misma para automáticamente, y da la orden para que arranque automáticamente la otra bomba. Se tiene un aviso de alarma cuando no se ha inyectado grasa por 800 segundos y un aviso de falla cuando no se ha inyectado grasa después de 1140 segundos. En el momento que se da el aviso de alarma el operador visualizara un temporizador con el tiempo restante antes de la falla.

Cuando marcha cualquiera de las válvulas de la 561-BZ3, se abre abrir la válvula del sistema de spray de aire (561-EL4.V1) de la unidad de lubricación 561-EL4. Y cuando apaga la 561-BZ3, la válvula se cierra después de 10 seg., tiempo suficiente para realizar la limpieza de las tuberías de grasa de lubricación a los dientes del piñón. Esta operación se la puede realizar en cualquier modo de operación, no es necesario pedir local al operador de control central.

Al enviar el comando para arrancar el motor del molino, el contactor reactor se activa y mantiene el enclavamiento del motor por 30 segundos, tiempo suficiente para que activen las señales de contactor principal y marchando del motor, que deben hacer el enclavamiento definitivo del motor del molino.

Secuencia de Parada.

1. Luego de activar el comando de detención, para el equipo:

561-AP1.V1 Embrague molino de cemento.

Luego que se desembraga el molino para el ventilador de la lanza de salida de agua, con ello se garantiza que la lanza siempre este con ventilación y no ocurra ningún daño en ella.

2. Después de 5 minutos, paran los equipos:

561-MB1.M1 Motor molino de cemento.

3. Después de 8 segundos, paran los equipos:

561-BM2

561-BM3

561-BM4

Detalle de Seguridades (Interlock).

Interlock de Grupo.- El grupo de molienda solo tiene como condición especial que se encuentre marchando el grupo de recirculación, cualquier falla de este grupos causa la parada inmediata del grupo de molienda a excepción del motor del molino.

Interlock de Equipos.-

561-BZ1: Bomba de alta presión

Interlock de Operación:

561-BM2.M1:R Confirmación Bomba de baja presión – actuada

Interlock de Protección:

561-EL1.P1:H Switch presión alta – actuado por 10 seg. **

** Se permite by-pass esta señal (tareas mantenimiento).

561-BZ2: Bomba de alta presión

Interlock de Operación:

561-BM4.M1:R Confirmación Bomba de baja presión – actuada

Interlock de Protección:

561-EL2.P1:H Switch presión alta – actuado por 10 seg. **

** Se permite by-pass esta señal (tareas mantenimiento).

561-BZ3: Bombas de lubricación grasa FARVAL.

Interlock de Operación:

562-BZ3.X1 Sensor Inductivo (cambio de ciclo) – actuado.

561-MB1: Molino de Cemento.

Interlock de Arranque:

561-AP1.V1:R Válvula embrague – no actuada por 30 seg.

Interlock de Protección:

561-MB1.T1 Temp. Devanado motor menor a 40 °C.

561-MB1.T1 Temp. devanado motor > o igual a 120 °C.

561-MB1.T2 Temp. Cojinete opuesto embrague > o igual a 65 °C.

561-MB1.T3 Temp. cojinete lado embrague > o igual a 65 °C.

561-AP1.P3 Presión de aire tubería - baja presión.

Interlock de Protección - Caso Especial:

La confirmación del contactor principal (561-MB1.M1:R1) y Confirmación contactor reactor (561.MB1.M1:R2) no pueden estar activados al mismo tiempo, la confirmación del reactor solo es al arranque, después de cierto tiempo de estabilización solo queda la confirmación principal.

561-VEC: Ventilador lanza salida agua.**Interlock de Arranque:**

561-AP1.V1:R Confirmación molino embragado.*

* Dicha confirmación física se tomará del switch de presión de la tubería de Aire 561-AP1.P2 y además de la potencia del molino.

Interlock de Operación:

561-AP1.V1:R Confirmación molino desembragado – por 10 min.

561-AP1: Embrague Molino.**Interlock de Arranque:**

K91-TL1.W1 Nivel bajo menor a 25 toneladas.

K91-TL2.W1 Nivel bajo menor a 60 toneladas.

511-TL2.W1 Nivel bajo menor a 50 toneladas.

Interlock de Operación:

561-MB1.M1:R1 Confirmación contactor principal – actuado.

561-VE4.M1:R Confirmación ventilador – actuado.

561-VE5.M1:R1 Confirmación contactor principal – actuado.

Interlock de Protección:

561-MB1.T4 Temp. Cojinete piñón embrague > o igual a 80 °C.

561-MB1.T5 Temp. Cojinete piñón lado molino > o igual a 80 °C.

561-MB1.T6 Temp. Cojinete entrada molino > o igual a 80 °C.

561-MB1.T7 Temp. Cojinete salida molino > o igual a 80 °C.

561-MB1.S1 Switch resbalamiento - actuado por 10 seg.

561-AP1.P1:L Switch presión alta tanque – actuado.

561-AP1.P2:L Switch presión baja aire embrague – actuado.

561-AP1.P3 Switch presión alta línea aire embrague – actuado.

561-EL1.P1: L Switch baja presión Sist. Lub. – actuado 1 min.

561-EL2.P1: L Switch baja presión Sist. Lub. – actuado 1 min.

561-BM2.M1:R Bomba de baja presión cojinete entrada molino.

561-BM3.M1:R Bomba de baja presión piñón molino.

561-BM4.M1:R Bomba de baja presión cojinete salida molino.

Interlock de Protección - Casos Especiales:

Sistema Farval.-

Si el sensor inductivo del sistema de lubricación Farval 561-BZ3.X1 se encuentra en el mismo estado (activado o desactivado) por 19 min. se activa una alarma de protección de fallo.

El operador de control central podrá visualizar el tiempo restante de desde que se produce el aviso de alarma, antes que se de el evento de falla.

Lubricación Ok.- esta señal se activa cuando todas las siguientes señales se encuentran activadas.

| | |
|------------|---|
| 561-EL1.F1 | Flujo Sist. Lubricación Cojinete entrada – actuado. |
| 561-EL2.F1 | Flujo Sist. Lubricación Cojinete salida – actuado. |
| 561-EL3.F1 | Flujo Sist. Lubricación Piñón molino – actuado. |
| 561-EL3.F2 | Flujo Sist. Lubricación Piñón molino – actuado. |

Estas señales se activan si y solo si las bombas de baja presión (561-BM2, 561-BM3 y 561-BM4) están en operación, si existe alguna falla de flujo, se activan en 20 segundos presentada la pérdida de la señal de campo de las 561-EL1.F1 y 561-EL2.F1, y en 10 segundos si se pierde las señales 561-EL3.F1 y 561-EL3.F2.

| | |
|--------------|--|
| 561-EL1:P1:H | Alta Presión Sist. Lubric. Cojinete entrada. |
| 561-EL2:P1:H | Alta Presión Sist. Lubric. Cojinete salida. |

Estas señales se activan si y solo si las bombas de alta presión (561-BZ1, 561-BZ2) están en operación, si la alta presión es alcanzada se activan 10 segundos.

Después de un tiempo de 3 minutos de haber embragado se pone en by-pass las señales de presión 561-EL1:P1:H y 561-EL2:P1:H. (son ignorados).

El sistema mantendrá por 2 minutos la señal de ***lubricación Ok*** en espera, para garantizar que no se de una falla de lubricación inmediatamente, sino

que cuando todo el sistema se encuentre estable, luego de este tiempo de seguridad se habilitara esta señal para poder embragar el molino de cemento.

Los siguientes equipos no tienen ningún interlock asignado:

| | |
|---------|--|
| 561-BM2 | Bomba de baja presión cojinete de entrada al molino. |
| 561-BM3 | Bomba de lubricación del Piñón. |
| 561-BM4 | Bomba de baja presión cojinete de salida molino. |

Controles.

Este grupo no tiene ningún control.

Alarmas.

Todos los interlocks generan alarmas de falla al operador. Las señales abajo generan alarmas de advertencia:

| | |
|------------|---|
| 561-EL4.P1 | Switch presión baja aire - actuado por 5 seg. |
| 561-EL4.P2 | Switch presión baja grasa – actuado. |
| 561-EL3.T1 | Switch baja temperatura - actuado por 2 seg. |
| 561-MB1.P1 | Presión de entrada molino. |
| 561-MB1.P2 | Presión de salida molino. |
| 561-MB1.N1 | Sonido lado alimentación Molino < a 20% por 15 min. |
| 561-MB1.N2 | Sonido lado descarga Molino < a 20% por 15 min. |
| 561-MB1.H1 | Sistema de calentamiento por más de 2 horas. |

Si el sensor inductivo 561-BZ3.X1 del sistema de grasa Farval no cambia de estado en 12,5 min. indica una falla en el ciclo y si no cambia de estado 45 seg. después que se prendió la bomba, indica una falla de lubricación del sistema.

Las alarmas generadas por las señales análogas (variables de proceso) tienen 4 valores distintos: muy bajo, bajo, alto, muy alto. Los valores intermedios (bajo y alto) producen alarmas de advertencia, ya los valores extremos (muy bajo y muy alto) producen alarmas de falla y deben detener el equipo a lo cual se relaciona.

GRUPO 03: Recirculación & Descarga.

Descripción General.

El grupo de la recirculación y descarga es responsable por separar el material fino del material grueso, retornando al proceso de molienda todo material que no cumpla con la finura que especifica control de calidad y transportar el producto final al elevador común de descarga, para que sea posteriormente almacenado en los silos.

Siempre que va a marchar el grupo de recirculación y descarga hay un aviso de arranque audible (sirena) por 15 seg. y un aviso de arranque visible (bola de fuego) que se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

Todo material que sale del molino es transportado al elevador de recirculación 561-EC1 a través de aerodeslizadores y llega al separador 561-SP1, donde se separa el material fino del grueso. El ventilador 561-VE9 succiona el aire del separador, lo que hace posible que el material que cumple con la finura especificada pase por los ciclones y por las compuertas 561-EU5, 561-EU6, 561-EU7, 561-EU8 hacia la descarga. El material de mayor finura retorna al molino a través del aero-deslizador 561-AZA.

La compuerta 561-PC3 controla el flujo de aire que es succionado por el ventilador 561-VE9 y la compuerta 561-PC6 controla el flujo de aire de salida del molino, que es succionado por el ventilador 561-VE5.

Los ventiladores 561-VE4, 561-VE6, 561-VE7, 561-VE8, 561-VEE son responsables por la ventilación de los canalones para el transporte del cemento en el proceso de recirculación.

Los ventiladores 561-VED, 591-VEW, 591-VEM y 591-VEN son responsables por la ventilación de los canalones para el transporte del cemento en el proceso de descarga a los silos.

Los ventiladores 561-VE5, 561-VEA, 561-VEB y 591-VE1 son de los filtros 562-FT1, 562-FT2, 562-FT3 y 591-FTD respectivamente, que son responsables por el desempolvado del área. El material que sale del filtro 561-FT3 es colectado por el gusano 561-GU3 y regresa al elevador 561-EC1.

La bomba 561-BM5 es responsable por la lubricación del separador y el intercambiador de calor 561-CU1 de la bomba sirve para controlar la temperatura del reductor del separador siempre que ese esté marchando.

El filtro 511-FT4 ubicado en el área de la prensa hace el desempolvado de la banda 531-BT1, por lo tanto marcha con el grupo de recirculación y descarga de la molienda 1. El ventilador 511-VE4 y el gusano 511-GU4 marchan con el filtro.

En la salida del aerodeslizador de descarga 591-AZT se encuentra el muestreador 591-MU1 que permite tomar muestras del producto final cada cierto tiempo, el técnico de laboratorio ingresa un intervalo de tiempo el cual desea que se este tomando la muestra, el muestreador trabajara cada 10 minutos y su intervalo para tomar la muestra es dependiendo del tiempo que coloque laboratorio y de su tiempo de llenado del recipiente. El muestreador tiene un sensor inductivo que indicara la posición final de cerrado.

Secuencia de Arranque.

Para poder marchar el grupo de recirculación & descarga se necesita las condiciones siguientes para cada una de las posiciones del la compuerta:

Compuerta 591-CD1.X1 (Posición a elevador 591-EC1)

| | |
|--------------|---|
| 591-EC1.M1:R | Confirmación de marcha del elevador común – activada. |
| 591-EC1.J1 | Carga del elevador menor a 45 %. |

Compuerta 591-CD1.Y1 (Posición a elevador 591-EC2)

| | |
|--------------|---|
| 591-EC2.M1:R | Confirmación de marcha del elevador común – activada. |
| 591-EC2.J1 | Carga del elevador menor a 45 %. |

El comando de selección de la compuerta vendrá por comunicación del PLC que tiene la programación de descarga a los silos. Para poder marchar los ventiladores 561-VE5 del filtro principal y el 561-VE9 tanto en automático, como en local se necesita que sus compuertas se encuentren en posición cerrada.

| | |
|------------|---|
| 561-PC6.Z1 | Sensor inductivo indicación cerrada ventilador 561-VE5. |
| 561-PC3.Z1 | Sensor inductivo indicación cerrada ventilador 561-VE9. |

1. Luego de activar el comando de arranque, se inicia un aviso de arranque visible y audible en el grupo. Luego de 15 segundos, el aviso de arranque audible se detiene. El aviso de arranque visible se mantiene encendido hasta que todos los equipos del grupo estén marchando.

2. Después de la sirena, se prenden los equipos:

591-VEN Ventilador aero-deslizador 591-AZK y 591-AZL.

3. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

591-VEM Ventilador aero-deslizador 591-AZH, 591-AZI y 591-AZJ.

591-VE1 Ventilador filtro 591-FTD.

4. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

591-EC1 Elevador descarga cemento 1 a silos.

5. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

591-GU9 Ventilador filtro 591-FTD.

591-GU8 Ventilador filtro 591-FTD.

591-FTD Filtro desempolvado.

591-VEW Ventilador aero-deslizador 591-AZS, 591-AZT y 591-AZU.

561-VEE Ventilador aero-deslizador 561-AZ9 / AZA.

6. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

561-VED Ventilador aerodeslizador 561-AZ6 / AZ7.

561-VE7 Ventilador aerodeslizador 561-AZ3.

561-MS1 Balanza re-circulación.

El muestreador 591-MU1 tiene el permiso para poder marchar después de que el molino este embragado, el técnico de laboratorio deberá ingresar el tiempo por el cual desea que marche el muestreador, ingresado este tiempo el muestreador inicia su ciclo.

7. Después de 6 segundos, se prende el equipo:

561-BM5 Bomba lubricación reductor separador. *

561-VEA Ventilador del filtro desempolvado 561-FT2.

561-FT2 Filtro desempolvado.

* El intercambiador de calor 561-CU1 de la bomba de lubricación del reductor del separador debe marchar siempre cuando 561-SP1 esté marchando y la temperatura del reductor del separador esté mayor a 55 °C por 2 seg. Y debe parar cuando esa temperatura esté menor o igual a 40 °C por 2 seg.

8. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE9 Ventilador del separador. **

** Compuerta 561-PC3 tiene que estar en posición cerrada.

9. Después de 10 segundos, se prenden los equipos:

561-SP1 Separador.

El separador en el momento del arranque el separador iniciara con una velocidad del 30 %, cuando se complete la secuencia de todo el grupo de recirculación se fijara una velocidad de 75 % automáticamente, luego de ello el operador de control central podrá ingresar cualquier valor que desee.

NOTA: La temperatura del reductor del separador controla el encendido y apagado del intercambiador de calor, menor a 40 °C por 2 seg. se apaga, mayor a 65 °C por 2 seg. se prende.

No importa si en el arranque el intercambiador de calor tiene alguna falla de equipo, esto no interrumpe el arranque, de igual manera no manda a parar al grupo cuando se encuentra marchando si ocurre una falla en el intercambiador.

10. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE8 Ventilador aerodeslizador 561-AZ2.

561-VEB Ventilador filtro desempolvado 561-FT3.

11. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

562-EC1 Elevador de re-circulación.

12. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE4 Ventilador aerodeslizador 561-AZ1.

561-VE6 Ventilador aerodeslizador descarga del filtro principal.

561-GU3 Gusano filtro desempolvado 561-FT3.

561-FT3 Filtro desempolvado.

* El intercambiador de calor 561-CU1 de la bomba de lubricación del reductor del separador debe marchar siempre cuando 561-SP1 esté marchando y la temperatura del reductor del separador esté mayor a 55 °C por 2 seg. Y debe parar cuando esa temperatura esté menor o igual a 40 °C por 2 seg.

8. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE9 Ventilador del separador. **

** Compuerta 561-PC3 tiene que estar en posición cerrada.

9. Después de 10 segundos, se prenden los equipos:

561-SP1 Separador.

El separador en el momento del arranque el separador iniciara con una velocidad del 30 %, cuando se complete la secuencia de todo el grupo de recirculación se fijara una velocidad de 75 % automáticamente, luego de ello el operador de control central podrá ingresar cualquier valor que desee.

NOTA: La temperatura del reductor del separador controla el encendido y apagado del intercambiador de calor, menor a 40 °C por 2 seg. se apaga, mayor a 65 °C por 2 seg. se prende.

No importa si en el arranque el intercambiador de calor tiene alguna falla de equipo, esto no interrumpe el arranque, de igual manera no manda a parar al grupo cuando se encuentra marchando si ocurre una falla en el intercambiador.

10. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE8 Ventilador aerodeslizador 561-AZ2.

561-VEB Ventilador filtro desempolvado 561-FT3.

11. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

562-EC1 Elevador de re-circulación.

12. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

561-VE4 Ventilador aerodeslizador 561-AZ1.

561-VE6 Ventilador aerodeslizador descarga del filtro principal.

561-GU3 Gusano filtro desempolvado 561-FT3.

561-FT3 Filtro desempolvado.

13. Después de 6 segundos, se prenden los equipos:

- 561-VE5 Ventilador filtro principal.
- 561-FT1 Filtro Principal Molino Cemento.

El ventilador principal del filtro desempolvado tiene 2 opciones de arranque con el arrancador suave o en directo, para ello existe una selección de campo. Siempre hay que arrancar el ventilador con el arrancador suave, luego de un tiempo determinado el arrancador suave envía al sistema de control una confirmación de que la corriente nominal del motor se a estabilizado, en ese momento la lógica de control hace cambio a arranque directo, liberando al arrancador.

Los equipos siguientes pertenecen al área de Prensa de Clinkler, estos son necesarios para el desempolvado en la descarga del material a la entrada del molino de cemento.

- 511-FT4 Filtro desempolvado.
- 511-VE4 Ventilador del filtro desempolvado 511-FT4.
- 511-GU4 Gusano del filtro desempolvado 511-FT4.

Secuencia de Parada.

1. Luego de activar el comando de detención, paran los equipos:

- 561-VE5 Ventilador filtro principal.
- 561-FT1 Filtro Principal Molino Cemento.

2. Después de 6 segundos:

- 561-VE6 Ventilador aerodeslizador 561-AZ4.

Se garantiza que se descargue el ultimo material dentro de la tolva inferior del filtro de desempolvado.

3. Después de 6 segundos:

- 561-VE4 Ventilador aerodeslizador 561-AZ1

4. Después de 10 segundos:

- 561-GU3 Gusano del filtro desempolvado elevador re-circulación.
- 561-EC1 Elevador re-circulación.

5. Después de 6 segundos:

561-VEB Ventilador filtro desempolvado 561-FT3.
561-FT3 Filtro desempolvado elevador re-circulación.

6. Después de 6 segundos del elevador EC1:

561-VE8 Ventilador aerodeslizador 561-AZ2

7. Después de 6 segundos:

5612-SP1 Separador.
561-BM5 Bomba lubricación reductor separador.

8. Después de 6 segundos:

561-VE9 Ventilador separador.

9. Después de 6 segundos:

561-VEA Ventilador filtro desempolvado 561-FT2.
561-FT2 Filtro desempolvado.

10. Después de 6 segundos:

561-VED Ventilador aerodeslizadores 561-AZ6 / AZ7
561-VE7 Ventilador aerodeslizador 561-AZ3
561-MS1 Balanza de retorno.

11. Después de 6 segundos:

561-VEE Ventilador re-circulación al molino.
591-VEW Ventilador aerodeslizador 591-AZS / AZT.
591-GU9 Gusano filtro 591-FTD.
591-GU8 Gusano filtro 591-FTD.

12. Después de 6 segundos:

591-EC4 Elevador descarga a silos de cemento 1.

13. Después de 6 segundos:

591-VEM Ventilador aerodeslizador 591-AZH / AZI.
591-VE1 Ventilador filtro 591-FTD.
591-FTD Filtro desempolvado elevador.

14. Después de 6 segundos:

591-VEN Ventilador aerodeslizador 591-AZK / ALI.

Con la secuencia de paro se trata de que los aerodeslizadores y otros transportes queden lo mas limpios posibles.

Detalle de Seguridades (Interlock's).

Interlock de Grupo.- El grupo de recirculación & descarga solo tiene como condición especial que se encuentre marchando el grupo de descarga a silos de cemento, cualquier falla de este grupo causa la parada inmediata del grupo.

Interlock de Equipos.-

561-VE7: Ventilador re-circulación.

Interlock de Operación:

561-VEE.M1:R Confirmación ventilación re-circulación.

562-MS1: Balanza retorno.

Interlock de Operación:

561-VE7.M1:R Confirmación ventilación re-circulación.

561-SP1: Separador

Interlock de Arranque:

561-BM5.M1:R Confirmación bomba marchando.

Interlock de Operación:

561-VE9.M1:R Confirmación ventilador.

561-VE7.M1:R Confirmación ventilador .

Interlock de Protección:

561-SP1.T1 Temperatura cojinete lado motor

561-SP1.T2 Temperatura cojinete lado opuesto

| | |
|------------|--|
| 561-SP1.T3 | Temperatura aceite reductor > a 85 °C por 2 seg. |
| 561-SP1.N1 | Vibración separador > 11 mm/s por 2 seg. |

Si la bomba 561-BM5 para por cualquier falla mientras el separador este en funcionamiento, este seguirá marchando por un tiempo máximo de 5 min. luego de ello tendrá un paro por interlock de protección al equipo.

561-CU1: Intercambiador de calor.

Interlock de Operación:

561-SP1.M1:R Confirmación separador.

Nota: La temperatura del reductor del Separador controla el encendido y apagado del intercambiador de calor, menor a 40 °C por 2 seg. se apaga, mayor a 55 °C por 2 seg. se prende.

561-VEA: Ventilador filtro desempolvado 561-FT2.

Interlock de Operación:

591-VEW.M1:R Confirmación ventilador perdida.

561-VEB: Ventilador filtro desempolvado 561-FT3.

Interlock de Arranque:

561-VE8.M1:R Confirmación ventilador.

Interlock de Operación:

561-GU3.M1:R Confirmación gusano perdida por 15 min.

561-VED: Ventilador aerodeslizador 562-AZ5 / AZ6 / AZ7.

Interlock de Operación:

591-VEW.M1:R Confirmación ventilador – actuada.

562-VE9: Ventilador separador.Interlock de Arranque:

562-PC3.Y1 Compuerta cerrada – actuada.

Interlock Operación:

561-VE7.M1:R Confirmación ventilador.

561-VEA.M1:R Confirmación ventilador filtro desempolvado.

Interlock Protección:

561-VE9.M1:T1 Temp. Cojinete lado motor > 104 °C por 2 seg.

561-VE9.M1:T2 Temp. Cojinete opuesto motor > 104 °C por 2 seg.

561-VE9.M1:T3 Temp. Cojinete lado ventilador > 90 °C por 2 seg.

561-VE9.M1:T4 Temp. Cojinete opuesto vent. > 90 °C por 2 seg.

561-VE9.M1:N3 Vib. Cojinete lado A Motor > 10.1 mm/s por 2 seg.

561-VE9.M1:N4 Vib. Cojinete lado B Motor > 10.1 mm/s por 2 seg.

561-VE8: Ventilador aerodeslizador 561-AZ2.Interlock de Operación:

561-VE7.M1:R Confirmación ventilador.

561-VED.M1:R Confirmación ventilador.

561-SP1.M1:R Confirmación separador.

561-VE7: Ventilador aerodeslizador 561-AZ3.Interlock de Operación:

561-VEE:M1:R Confirmación ventilador re-circulación.

561-VE6: Ventilador aerodeslizador 561-AZ4.Interlock de Operación:

561-EC1.M1:R Confirmación elevador re-circulación.

561-VE5: Ventilador filtro principal.Interlock de Arranque:

561-PC6.Y1 Compuerta cerrada – actuada.
 561-VE5.M1:F Falla arrancador suave – actuada.

Interlock de Operación:

561-VE6.M1:R Confirmación ventilador perdida por 900 seg.

561-VE4: Ventilador aerodeslizador 561-AZ1.Interlock de Operación:

561-EC1.M1:R Confirmación elevador.

561-GU3: Gusano filtro desempolvado 561-FT2.Interlock de Protección:

561-GU3.S1 Switch movimiento actuado por 15 seg. *

* Las señales indicadas se pueden tener en by-pass.

Interlock de Operación:

561-EC1.M1:R Confirmación elevador.

561-EC1: Elevador re-circulación.**Motor Principal:**Interlock de Operación:

561-VE8.M1:R Confirmación ventilador marchando.

Interlock de Protección:

561-EC1.M2:R Confirmación motor aux. Elevador.

561-EC1.S1 Switch de movimiento actuado por 10 seg. *

561-EC1.S2 Milltronic actuado por 10 seg. *

* Las señales indicadas se pueden tener en by-pass.

Motor Auxiliar:Interlock de Protección:

562-EC1.M1:R Confirmación motor principal.

591-VEW: Ventilador aerodeslizador 591-AZS / AZTInterlock de Operación:

591-EC4.M1:R Confirmación elevador marchando .

591-VEM: Ventilador aerodeslizador 591-AZH / AZI / AZJInterlock de Operación:

591-VEN.M1:R Confirmación elevador marchando .

591-VEN: Ventilador aerodeslizador 591-AZK / AZLInterlock de Operación:

El interlock en este elevador va a depender de la posición de la compuerta 591-CD1, las siguientes son las condiciones:

Compuerta 591-CD1.X1 (Posición a elevador 591-EC1)

591-EC1.M1:R Confirmación de marcha del elevador común.

591-EC1.J1 Carga del elevador menor a 45 %.

Compuerta 591-CD1.Y1 (Posición a elevador 591-EC2)

591-EC2.M1:R Confirmación de marcha del elevador común.

591-EC2.J1 Carga del elevador menor a 45 %.

591-EC4: Elevador descarga a silos – cemento 1.**Motor Principal:**Interlock de Operación:

591-VEM.M1:R Confirmación ventilador.

Interlock de Protección:

591-EC1.M2:R Confirmación motor aux. Elevador.
 591-EC1.S1 Switch de movimiento actuado por 10 seg. *
 591-EC1.S2 Milltronic actuado por 10 seg. *

* Las señales indicadas se pueden tener en by-pass.

Motor Auxiliar:Interlock de Protección:

591-EC4.M1:R Confirmación motor principal marchando ..

591-MU1: Muestreador.Interlock de Operación:

591-VEW.M1:R Confirmación ventilador marchando – actuada.
 591-MU1.S1 Switch Movimiento *

* Las señales indicadas se pueden tener en by-pass.

El muestreador será habilitado por el comando de marcha del grupo de recirculación y además cuando el técnico de laboratorio ingrese el tiempo total para la toma de muestra, desde este momento comenzara a tomar la muestra cada 10 minutos máximo, el tiempo de marcha dependerá del tiempo de muestra y del tiempo de llenado del recipiente. Además el se detiene cuando el molino de cemento se desembraga.

Controles.Controles compuertas:

Porcentaje de apertura de la compuerta 561-PC3

Porcentaje de apertura de la compuerta 561-PC6

Control velocidad del separador:

Modo Manual: el operador ingresa el valor de SET POINT de velocidad que desea en el separador.

Modo Automático: la velocidad del separador es controlada por *Linkman* (sistema experto de control) basada en el promedio de los 3 últimos datos de finura (malla 45 micras) ingresados por el técnico de laboratorio.

El control de la velocidad del separador es enviado al modo automático automáticamente después de 20 minutos que el grupo de recirculación y descarga esté marchando.

Alarmas.

Todos los interlocks generan alarmas de falla al operador. Las señales abajo generan alarmas de advertencia, solo cuando el grupo se encuentre marchando:

| | |
|---------------|---|
| 561-VE9.N1:A1 | Vibración Alta lado motor ventilador. |
| 561-VE9.N1:A2 | Vibración Alta lado opuesto motor. |
| 561-EC1.L1:H | Nivel Alto pozo elevador. |
| 561-VE5.M1:F | Falla arrancador suave. |
| 561-EC1.Z1 | Switch piola elevador – Desvio elevador |

Las pendulares de los ciclones para descarga de producto terminado, dan alarma cuando su señal se queda fija en cualquier estado por más de 20 seg.

| | |
|---------|---------------------------------------|
| 561-EU1 | Compuerta pendulares descarga molino. |
| 561-EU5 | Compuerta del ciclón 561-CE1 atorada. |
| 561-EU6 | Compuerta del ciclón 561-CE2 atorada. |
| 561-EU7 | Compuerta del ciclón 561-CE3 atorada. |
| 561-EU8 | Compuerta del ciclón 561-CE4 atorada. |

Sistemas Calentador de Gases y Spray de Agua.

Descripción de Proceso.

Los sistemas de Calentador de gases y spray de agua son responsables por controlar la temperatura del cemento entre un rango de 90°C y 100°C mediante el ingreso de combustible en el calentador de gases a la entrada del molino (sistema Conamara) e inyección de agua (sistema spray).

Sistema Calentador Gases - Conamara:

Equipos relacionados:

| | |
|---------|--|
| 561-HA1 | Calentador de gases |
| 561-PC1 | Compuerta reguladora de aire primario lanza |
| 561-PC2 | Compuerta regulación de aire refrigeración carcaza |
| 561-VE1 | Ventilador aire primario |
| 561-VE2 | Ventilador de refrigeración de carcaza |

La bomba de diesel para cemento 1 es común con cemento 2, dicha bomba se encuentra en la subestación de cemento 2.

Los comandos de arranque y paro del sistema de calentamiento de gases son **solamente locales**, pero para arrancar el sistema, el operador debe habilitarlo para que el operador de campo pueda operarlo localmente.

562-BM1: Bomba de Diesel Conamaras.

La bomba de diesel que es común para las áreas de Cemento 2 y Cemento 1, trabaja cuando el operador de control central da permiso de arranque para cualquier de las dos áreas o ambas, dado este permiso la bomba de diesel arrancara siempre que este habilitado la selección de cualquier área:

Selección de Cemento 1: Para que la selección se efectúe, tiene que estar habilita lo siguiente:

Permiso del operador de control central, de la pantalla de cemento 1.

Temperatura del Conamara (carcaza y ducto salida de gases), no mayor a 650 °C.

Temperatura Gases Salida del molino, no mayor a 110 °C.

Tienen que estar embragado el molino de cemento 1.

Selección de Cemento 2: Para que la selección se efectuó, tiene que estar habilita lo siguiente:

Permiso del operador de control central, de la pantalla de cemento 2.

Temperatura del Conamara (carcaza y ducto salida de gases), no mayor a 650 °C.

Temperatura Gases Salida del molino, no mayor a 110 °C.

Tienen que estar embragado el molino de cemento 2.

561-VE1: Ventilador Aire Primario Conamara.

Este ventilador solo arranca de manera local, siempre y cuando se tenga el permiso de control central y que el molino de cemento 1 este embragado.

561-VE2: Ventilador Enfriamiento Carcaza Conamara.

Este ventilador solo arranca de manera local, siempre y cuando se tenga el permiso de control central, que el molino de cemento 1 este embragado y de que switch de posición de la compuerta se encuentre cerrada, luego del arranque queda en by-pass este switch de posición.

561-HA1: Sub-sistema Calentamiento de Gases CONAMARA:

Este sub-sistema tiene 2 interlock de operación:

Temperatura Conamara.

Este interlock se activa si la temperatura del conamara (tanto de la carcaza como la de salida de gases), es mayor a 650 °C y si el permiso del operador de control central esta habilitado.

El sub-sistema conamara necesita que esa señal se encuentre negada para que permita la habilitación desde campo.

Ventilador Aire Primario.

Este interlock se activa si el ventilador de aire primario se encuentra apagado y si el interlock de temperatura descrito anteriormente se encuentra activado.

Sistema Spray Agua Molino:

Equipos Relacionados:

| | |
|------------|---------------------------------|
| 561-IN1.V1 | Válvula modulante sistema spray |
| 561-IN1.V2 | Válvula agua entrada molino |
| 561-IN1.V3 | Válvula agua salida molino |
| 561-IN1.V4 | Válvula de aire sistema spray |
| 561-BU1 | Bomba de spray agua al molino |

El sistema de spray de agua para poder arrancar necesita que el molino de cemento se encuentre embragado y dependiendo de la temperatura de cemento de salida del molino arrancara automáticamente. Es decir, siempre que el molino esté embragado y la temperatura sea igual o mayor a 110 °C (además dependiendo del tipo de cemento), marcha la bomba de spray de agua 562-BU1 y la válvula de salida se abrirá, a partir de ese momento se inyectara agua al molino de cemento según el control de la válvula modulante 561-IN1.V1.

Cuando la temperatura baje a 95 °C, para la bomba de agua, con ello impedirá que la válvula de lanza de salida sea controlada y se cierre. Las válvulas modulantes de flujo de agua son controladas por el operador.

Las válvulas modulantes 2 y 3 tienen sensores límites que indican su apertura completa. La válvula de aire 561-IN1.V4 abre cuando el molino embrague, cuando se inyecta agua al molino permanecerá apagada.

Arranque de los sistemas.

Para arrancar los Sistemas Conamara y Spray de Agua es necesario que el molino de cemento se encuentre embragado, esto aplica para cualquiera de las selecciones.

Interlock de equipos.

Sistema Calentador de Gases

561-HA1: Conamara.

Interlock de Operación:

Permiso de Operador Control Central.

Temperatura carcaza del calentador de gases mayor a 650 °C

Temperatura salida calentador de gases mayor a 650 °C

Temperatura salida gases molino mayor a 105 °C

Ventilador 561-VE1 parado.

Molino embragado.

NOTA: El conamara necesita una señal de habilitación que viene de todas las condiciones mencionadas, además necesita de 2 interlock para su operación, que es de temperatura y del encendido de los ventiladores, esto es como se describió anteriormente.

562-BM1: Bomba de Diesel (Bomba común con cemento 2).

Interlock de Operación:

Permiso de Operador Control Central.

Temperatura calentador de gases mayor a 650 °C

Temperatura salida calentador de gases mayor a 650 °C

Temp. salida gases molino mayor a 105 °C

Molino embragado 1.

561-VE1: Ventilador Aire Primario.**Interlock de Arranque:**

Switch de posición compuerta cerrada.

Interlock de Operación:

Permiso de Operador Control Central.

Molino embragado

561-VE2: Ventilador Enfriamiento Carcaza.**Interlock de Operación:**

Permiso de Operador Control Central.

Molino embragado

Sistema Spray de Agua al Molino.**561-BU1: Bomba de Agua.****Interlock de Operación:**

Sistema spray de agua deshabilitado

Molino desembragado

Temp. salida cemento mayor a 85 °C.

561-IN1.V1: Válvula Modulante 1.**Interlock de Operación:**

Confirmación arranque bomba de agua 561-BU1.

Nota: Esta bomba es controlada por ajuste de porcentaje de apertura.

561-IN1.V2: Válvula Modulante 2**Interlock de Operación:**

Confirmación arranque bomba de agua 561-BU1.

561-IN1.V3: Válvula Modulante 3.Interlock de Operación:

Confirmación arranque bomba de agua 561-BU1.

Nota: Las válvulas modulantes V2 y V3 son controladas con selección de apertura o cierre del 100%.

561-IN1.V4: Válvula Solenoide.Interlock de Operación:

Molino embragado.

Bomba 561-BU1 encendida.

Controles.

Sistemas de control de la temperatura del cemento de salida:

1. A través de la inyección de aire de combustión en el calentador, utilizando los modos:

Manual – el operador ingresa el valor de SET POINT de % apertura deseado para la compuerta 561-PC1.

Automático – el operador ingresa el valor de SET POINT de la temperatura que desea en el cemento de salida y el sistema controla la apertura de la compuerta automáticamente.

2. A través de la inyección de agua en el molino, utilizando los modos:

Manual – el operador ingresa el valor de SET POINT de % apertura deseado para la válvula 561-IN1.V1

Automático – el operador ingresa el valor de SET POINT de la temperatura que desea en el cemento de salida y el sistema controla la apertura de la válvula automáticamente.

Alarmas.

Las señales abajo generan alarmas de advertencia, siempre que la bomba se encuentre marcando.

561-IN1.P1 Switch de Baja Presión actuado por 20 seg.

561-IN1.F1 Switch Flujo de Agua Sistema actuado por 20 seg.

GUIAS DE OPERACIÓN.

Las Guías operativas se aplican a condiciones estables y no a condiciones de arranque o paradas (normales o de emergencia).

| Ubicación | | Magnitud | Unidades | Tipos de Cemento | | | |
|----------------------|-----------|-------------------|-------------|------------------|------|-----|-----|
| | | | | IPGU | IPHE | 1 | 2 |
| Molino de Cemento | Molino | Alimentación | Ton / h | 125 | 116 | 135 | 110 |
| | | | Rango +/- | 10 | 10 | 5 | 5 |
| | | Retorno | Ton / h | 330 | 330 | 330 | 330 |
| | | | Rango +/- | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | Presión de Salida | mbar | -30 | -30 | -30 | -30 |
| | | | Rango +/- | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Potencia | Kw | 2800 | | | | |
| | | Rango +/- | 150 | | | | |
| | Separador | Velocidad | % Velocidad | 85 | 87 | 74 | 80 |
| | | | Rango +/- | 3 | 3 | 3 | 3 |

VARIABLES DE PROCESO.

En el Anexo 2, adjunto se encontrara el listado de instrumentación de todas las variables del proceso.

TENDENCIAS

Se presentan pantallas con tendencias fijas divididas en grupos de 5, estas son:

Grupo 1

| | |
|------------|---------------------------------------|
| 531-DP1.F1 | Flujo Balanza de Yeso |
| 531-DP2.F1 | Flujo Balanza Limolita |
| 531-DY1.F1 | Flujo Balanza de Clinker |
| 531-000.F1 | Flujo Total (T/h) alimentación molino |
| 531-000.SP | Set Point (T/h) alimentación molino |

Grupo 2

| | |
|------------|--------------------------------------|
| 531-MB1.J1 | Potencia motor molino |
| 531-MB1.N1 | Sonido lado alimentación molino |
| 531-MB1.N2 | Sonido lado descarga molino |
| 561-BT1.F1 | Flujo de retorno al molino |
| 561-EC1.I1 | Amperaje del elevador de canguilones |

Grupo 3

| | |
|------------|--|
| 561-SP1.I1 | Amperaje del separador |
| 561-SP1.S1 | Velocidad del separador |
| 561-SP1.N1 | Vibración del separador |
| 561-VE9.I1 | Amperaje del motor del ventilador del separador. |

Grupo 4

| | |
|------------|---------------------------------------|
| 561-MB1.P1 | Presión gases entrada molino |
| 561-MB1.P2 | Presión gases salida molino |
| 561-MB1.T8 | Temp. salida gases molino |
| 561-MB1.T9 | Temp. salida cemento |
| 561-AP1.P2 | Presión de aire en línea del embrague |

Todas las señales análogas generan tendencias individuales.

ANEXO 2:

Hojas de Información – Base de Datos.

| Equipm.: | | HAC: | | Motor - Consumer List | | | | | | | | | | M = Part of Electr.-Contractor E = Part of Mech.-Contractor/Client | |
|--------------------------------|---|--|---|-----------------------|--------------------|----------------|------------------|------------|---------|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---|--------------------------------------|
| Group: | Supplier: | Power = Motor template (load B, class) | Current = Current at nominal motor load | Speed | Volts | Starting | Motor | Type of | Enclos. | Insul. Class | Motor / Drive Manufacturer | Supplier of Motor / Drive | MCC / SCS Identification | Typ. Diag. (A-K) | Rev. No. |
| Plant: | Date: | Current = Current at nominal motor load | Current = Current at nominal motor load | rpm | V | Current | Starting | Frame-Size | Mount. | Class | Manufacturer | Motor / Drive | MCC / SCS | Diag. | Rev. |
| Legend: *) | Revision: | DOL = Direct on line S = Starting Resistor SS = Softstarter TS = Two speed SC = Squared Cage SCS = Sub Control System A = Actuator | HR = Heating Resistor F = Feeder (CB) SO = Solenoid | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm |
| Motor Identification No. (HAC) | Drive for Machinery / Equipment Designation | Power kW | Speed rpm | Volts | Starting Current A | Motor Starting | Motor Frame-Size | Mount. | Enclos. | Insul. Class | Motor / Drive Manufacturer | Supplier of Motor / Drive | MCC / SCS Identification | Typ. Diag. (A-K) | Rev. No. |
| 531-BT1.M1 | BANDA TRANSPORTADORA ALIMENTACION MOLINO | 3.73 | 1746 | 480 | 6.7 | RDOL | SC | 184T | GT | F | US MOTORS | | 561-1M1 | | |
| 531-DPT1.M1 | DOSIFICADOR DE PLACAS YESO | 3.73 | 2050 | 180 | 0.37 | VSD | SH | | TENV | F | GENERAL ELECTRIC | | | | MOTOR DC |
| 531-DP2.M1 | DOSIFICADOR DE PLACAS LIMOLITA | 3.73 | 1750 | 180 | 0.93 | VSD | SH | | TENV | F | GENERAL ELECTRIC | | | | MOTOR DC |
| 531-DY1.M1 | DOSIFICADOR ROTORICO DE CLINKER | 2.2 | 1710 | 480 | 3.9 | VSD | SC | 215T | IP54 | F | SEW EURODRIVE | | | | GABINETE PFISTER |
| 561-BM2.M1 | BOMBA ACEITE | 2.4 | 850 | 480 | 5.4 | DOL | SC | 215T | | F | SIEMENS | | | | 561-1M1 |
| 561-BM3.M1 | BOMBA ACEITE | 1.12 | 855 | 480 | 3.45 | DOL | SC | 184T | TEFC | B | LINCOLN | | | | 561-1M1 |
| 561-BM4.M1 | BOMBA ACEITE | 2.4 | 850 | 480 | 5.4 | DOL | SC | 215T | | F | SIEMENS | | | | 561-1M1 |
| 561-BM5.M1 | BOMBA ACEITE | 0.75 | 1720 | 480 | 1.7 | DOL | SC | | IP65 | F | BALDOR | | | | 561-1M1 |
| 561-BU1.M1 | BOMBA INYECCION AGUA | 14.92 | 3525 | 480 | 24.5 | DOL | SC | 254TCZ | OPEN | B | BALDOR | | | | 561-1M1 |
| 561-BZ2.M1 | BOMBA ACEITE | 2.24 | 860 | 480 | 4.68 | DOL | SC | 215T | | B | SIEMENS | | | | 561-1M1 |
| 561-ECT1.M1 | INTERCAMBIADOR DE CALOR | 2.24 | 870 | 480 | 6 | DOL | SC | 215T | TEFC | B | LINCOLN | | | | 561-1M1 |
| 561-ECT1.M2 | ELEVADOR RECIRCULACION | 0.75 | 1720 | 480 | 1.7 | DOL | SC | | IP65 | F | SIEMENS | | | | 561-1M1 |
| 561-MBT1.M1 | ELEVADOR RECIRCULACION - AUXILIAR | 83.25 | 1778 | 480 | 141 | DOL | SC | 444T | TEFC | F | WESTINGHOUSE | | | | 561-1M1 |
| 561-SPT1.M1 | MOLINO DE CEMENTO | 2.24 | 1725 | 480 | 4.3 | DOL | SC | 182T | | B | BALDOR | | | | 561-1M1 |
| 561-SPT1.M1 | SEPARADOR | 3133.2 | 1200 | 4000 | 468 | SS | SIN | | | F | ALIS CHALMERS WESTINGHOUSE | | | | 561-1M1 |
| 561-VET1.M1 | VENTILADOR AIRE PRIMARIO CALENTADOR GASES | 223.80 | 1780 | 480 | 350 | VSD | SC | 3107 | TEFC | F | WESTINGHOUSE | | | | CUBICULO ARRANCADOR VARIADOR SIEMENS |
| 561-VET2.M1 | VENTILADOR ENFRIAMIENTO CARGA CALENTADOR GASES | 11.19 | 1740 | 480 | 18.4 | DOL | SC | 254T | | F | CIMPAK | | | | 561-1M1 |
| 561-VET3.M1 | VENTILADOR ENFRIAMIENTO DE AGUA ENTRADA | 3.73 | 1765 | 480 | 6.1 | DOL | SC | 326T | | F | CIMPAK | | | | 561-1M1 |
| 561-VE4.M1 | VENTILADOR AERODESLIZADOR | 5.6 | 3500 | 440 | 9.55 | DOL | SC | 112M | TEFC | F | OPTIM | | | | 561-1M1 |
| 561-VE5.M1 | VENTILADOR FILTRO PRINCIPAL | 149.2 | 1780 | 480 | 227 | DOL | SC | 447T | IP55 | B | WEIG | | | | 561-1M1 |
| 561-VE6.M1 | VENTILADOR AERODESLIZADOR | 5.6 | 3600 | 480 | 9.3 | DOL | SC | | | F | GENERAL ELECTRIC | | | | 561-1M1 |
| 561-VE7.M1 | VENTILADOR AERODESLIZADOR | 3.73 | 3550 | 480 | 6 | DOL | SC | 184T | TEFC | F | BALDOR | | | | 561-1M1 |
| 561-VE8.M1 | VENTILADOR AERODESLIZADOR | 5.6 | 3480 | 480 | 9.3 | DOL | SC | 213T | | F | LINCOLN | | | | 561-1M1 |
| 561-VE9.M1 | VENTILADOR DEL SEPARADOR | 350.62 | 893 | 4000 | 64 | SS | SC | 4006 | TEFC | F | WESTINGHOUSE | | | | 561-1M1 |
| 561-VEA.M1 | VENTILADOR FILTRO DESEMPOLVADO | 22.4 | 1760 | 480 | 37 | DOL | SC | 235T | | F | BALDOR | | | | 561-1M1 |
| 561-VEB.M1 | VENTILADOR FILTRO DESEMPOLVADO | 22.4 | 1765 | 480 | 35.3 | DOL | SC | 286T | TEFC | F | WESTINGHOUSE | | | | 561-1M1 |
| 561-VEC.M1 | VENTILADOR INYECCION DE AGUA SALIDA | 1.49 | 3420 | 480 | 3 | DOL | SC | X-90 | | F | ASEA | | | | 561-1M1 |
| 561-VED.M1 | VENTILADOR AERODESLIZADOR | 5.6 | 3500 | 440 | 9.55 | DOL | SC | | IP55 | F | WEIG | | | | 561-1M1 |
| 561-GUS.M1 | GUSANO COLECTOR DE POLVO | 1.12 | 1710 | 480 | 3.35 | DOL | SC | | IP65 | F | BAWER | | | | 561-1M1 |
| 561-PC1.M1 | COMPUERTA VENTILADOR AIRE PRIMARIO CALENTADOR GASES | 300 VA | | 120 | | DOL | SCS | | | | BECK | | | | |
| 561-PC2.M1 | COMPUERTA VENTILADOR ENFRIAMIENTO CALENTADOR GASES | 300 VA | | 120 | | DOL | SCS | | | | BECK | | | | |
| 561-PC3.M1 | COMPUERTA VENTILADOR SEPARADOR | 300 VA | | 120 | | DOL | SCS | | | | BECK | | | | |
| 561-PC6.M1 | COMPUERTA VENTILADOR FILTRO PRINCIPAL | 300 VA | | 120 | | DOL | SCS | | | | BECK | | | | |

Instrumentation - Sensor List

Equipment: Instrumentación y Sensores
 Group: Dispositivos de Campo.
 Dept: MOLINO CEMENTO 1
 Plant: GUAYAGUIL
 Legend: *) E - Part of electrical supplier M = Part of mechanical equipment Supplier
 HAC: _____ Supplier: _____
 Date: 10/08/2007
 Revision: 11/08/2007

| Device No. (HAC) | Who (Asset) | What (Device) | Where (Location) | Measurement | | | Alarm | | | Indication and/or Interlock | # Hiles (V/Pn) | Supply Voltage** (V/Pn) | Sensor Type | Transmitter Type | Manufacturer | Supplier of Device *) | Control of Device* or I/O-Addr. | Remarks | Rev. No. |
|------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------|----------|-----------------------------|----------------|-------------------------|-------------|------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|---------|----------|
| | | | | Unit (Phys) | Analog (Type) | Digital (Type) | Span min. max. | min. max. | low high | | | | | | | | | | |
| 561-GU3.S | Gasomo transporte | Switch movimiento | Filtro desempolvado | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-PC2.YI | Compuerta de cierre | Switch limite | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-PC2.YI | Compuerta de cierre | Switch limite | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 531-BT1.RI | Banda transportadora | Banderola | Alimentacion molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 531-BT1.SI | Banda alimentacion | Switch movimiento | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL1.P1:H | Sistema de lubricación | Presión | Entrada molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL1.P1:H | Sistema de lubricación | Presión | Entrada molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL2.P1:H | Sistema de lubricación | Presión | Salida molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL2.P1:H | Sistema de lubricación | Presión | Salida molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL2.F1 | Sistema de lubricación | Flujo | Salida molino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL3.T1 | Sistema de lubricación | Temperatura | Lado Oeste | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL3.F2 | Sistema de lubricación | Flujo | Lado Oeste | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL4.P1 | Sistema de lubricación | Presión | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EL4.P2 | Sistema de lubricación | Presión | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-BE2.V7:G | Sistema de lubricación | Presión | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-BE2.V7:G | Sistema de lubricación | Presión | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-BE2.XI | Bomba de grasa | Valvula | Farsal | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-BE2.XI | Bomba de grasa | Valvula | Farsal | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-MB1.SI | Molino de bolas | Switch limite | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-MB1.SI | Molino de bolas | Switch movimiento | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-MB1.SI | Molino de bolas | Medidor energia | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-AP1.P1 | Embrague molino de bolas | Presión | Linea de aire | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-AP1.P2 | Embrague molino de bolas | Presión | Linea de aire | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-AP1.P3 | Embrague molino de bolas | Presión | Linea de aire | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-AP1.P3 | Embrague molino de bolas | Presión | Linea de aire | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.N1:A | Ventilador separador | Vibracion | Tanque pulmon | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.N1:ILK | Ventilador separador | Vibracion | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.N2:A | Ventilador separador | Vibracion | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.N2:ILK | Ventilador separador | Vibracion | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EU5.ZI | Pendular descarga ciclon 1 | Posición | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EU6.ZI | Pendular descarga ciclon 2 | Posición | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EU7.ZI | Pendular descarga ciclon 3 | Posición | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EU8.ZI | Pendular descarga ciclon 4 | Posición | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.P2:X | Valvul sistema inyección de agua | Switch limite | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.P2:Y | Valvul sistema inyección de agua | Switch limite | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.P3:X | Valvul sistema inyección de agua | Switch limite | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.P3:Y | Valvul sistema inyección de agua | Switch limite | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.P1 | Sistema inyección de agua | Presión | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-INY1.F1 | Sistema inyección de agua | Flujo | Area común cemento 1 | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-FT1.P1 | Filtro principal desempolvado | Presión | Presión diferencial | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-FT1.P2 | Filtro principal desempolvado | Presión | Presión diferencial | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-FT2.P1 | Filtro desempolvado | Presión | Presión diferencial | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-FT2.P2 | Filtro desempolvado | Presión | Presión diferencial | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-FT3.P1 | Filtro desempolvado | Presión | Presión diferencial | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.JI | Ventilador separador | Medidor energia | Medidor energia | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE9.JI | Ventilador separador | Medidor energia | Medidor energia | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-SPI.JI | Separador | Medidor energia | Medidor energia | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-VE5.JI | Ventilador | Medidor energia | Medidor energia | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 531-CQ1.YI | Compuerta de cierre | Switch limite | Filtro principal | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-BT1.RI | Banda transportadora | Banderola | Re-circulacionmolino | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EC1.SI | Elevador re-circulación | Switch movimiento | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EC1.S2 | Elevador re-circulación | Switch movimiento | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EC1.LI | Elevador re-circulación | Nivel | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-EC1.ZI | Elevador re-circulación | Posición | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-PC6.YI | Compuerta de cierre | Switch limite | Baldes elevador | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |
| 561-PC3.XI | Compuerta de cierre | Switch limite | | | | | | | | | | 120 V | | | | | | | |

*) = Supply Voltage: for 3 or 4-wire sensors only

ANEXO 3:

Cuestionario – Pirámide de Automatización.

Evaluación de Sistemas de Automatización

Planta Guayaquil

15-dez-07

| | 0. Nada / Inexistente | 1. Parcialmente | 2. Básico / Mínimo | 3. Casi Completo | 4. Total / Completo |
|---|--------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 1 Servidores y estaciones | | | | | |
| Los servidores lógicos utilizan hardware de servidor? | | | | | X |
| Existen servidores separados para archivos e impresoras, alarmas y base de datos de largo plazo, CEP y otros bancos SQL, WEB | | | | X | X |
| Las estaciones de trabajo atienden la política de actualización? | | | | X | |
| Los monitores de video para operación tienen menos de 3 años de uso? | | X | | | |
| | 0 | 1 | 0 | 3 | 8 |
| | Color de elemento : 75% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 2 CPUs de PLC | | | | | |
| Los CPUs de los PLC están actualizados (tecnología con menos de 10 años en mercado)? | X | | | | |
| Todos los procesos son controlados de una única sala? | | | | | X |
| Los CPUs de los PLC se comunican en red ethernet? | X | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 3 Redes de Comunicación | | | | | |
| Las redes de campo son Devicenet? | X | | | | |
| Los switches de red ethernet son administrados? | X | | | | |
| Las instalaciones de red están certificadas? | X | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 4 Módulos de E/S | | | | | |
| Las áreas de producción tienen todos sus equipamientos controlados através de un sistema de automatización? | | | | X | |
| El sistema estuvo libre de fallas de módulos de E/S que causaran paradas superiores a 2 horas en los últimos 12 meses? | | X | | | |
| Los módulos instalados tienen buena condición de manutención? | | | X | | |
| Los módulos instalados tienen menos de 10 años de instalación? | X | | | | |
| Existe apenas un modelo de módulo de interface para cada tipo de señal de campo? | | | X | | |
| | 0 | 1 | 2 | 6 | 0 |
| | Color de elemento : 45% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 5 Periféricos | | | | | |
| Las impresoras de panel de operación están contempladas en planes de mantenimiento? | | | | X | |
| Existe una rutina de reposición de auxiliares en impresoras? | | X | | | |
| Las torres de CPU de computadores están instaladas en racks acondicionados? | | | | X | |
| Existen condiciones ergonomica adecuadas para el operador tales como: caderas giratorias con apollo de brazo, mouse ergonomico, gavetas para teclado, soporte ajustable para monitores? | | | | X | |
| | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 |
| | Color de elemento : 63% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 6 Disponibilidad de Partes | | | | | |
| Existe levantamiento de todas las piezas en stock? | | | | X | |
| Existe un estudio de viabilización de deposito por consignación con proveedores? | X | | | | |
| El montaje en stock está optimizado? | X | | | | |
| Ninguna pieza pieza que pudiera ser usada en proyectos que totalicen más de 50kUSD en deposito? | X | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 7 Habilidades Técnica | | | | | |
| Existe una descripción de cargos para los funcionarios del sector? | X | | | | |
| Existe una matriz de habilidades para los cargos del area? | X | | | | |
| Existe un proceso formal de evaluación anual de las habilidades? | X | | | | |
| Existe un plan de entrenamiento anual establecido? | X | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 8 Rutinas MAC y SS's | | | | | |
| Existen planes de mantenimiento en SAP para los paneles de PLCs? | X | | | | |
| Existen planes de mantenimiento en SAP para las mejorias? | X | | | | |
| Existen planes de mantenimiento en SAP para los computadores? | X | | | | |
| Los planes en SAP son cumplidos semanalmente? | X | | | | |
| Los planes en SAP contienen descripción de tareas? | X | | | | |
| Los paneles de PLC están en buena condición de disposición? | | | | X | |
| Las salas de operación están en buenas condiciones de disposición? | | | | X | |
| Las salas de ingeniería esta en buena condición de disposición? | | | | X | |
| Los archivos están indice y etiquetados? | | X | | | |
| Existen indicadores (KPI's) específicos para el sector? | X | | | | |
| Los KPI's del sector son generados regularmente? | X | | | | |
| Una rutina de backup de aplicativos está implementada y funcionando? | | | | X | |
| Existe un procedimiento escrito para ejecutarlo? | X | | | | |
| Una rutina de backup de datos está implementada y funcionando? | X | | | | |
| | 0 | 1 | 0 | 12 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 9 Sistema Operativo | | | | | |
| Los sistemas operacionales tienen una misma versión para todas las estaciones? | | | | | X |
| Los sistemas operacionales tienen una misma versión para todos los servidores? | | | | X | X |
| Las licencias de sistemas operacionales están regularizadas? | | | | X | |
| | 0 | 0 | 0 | 3 | 8 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |

Evaluación de Sistemas de Automatización

Planta Guayaquil

15-dez-07

| | 0. Nada / Inexistente | 1. Parcialmente | 2. Básico / Mínimo | 3. Casi Completo | 4. Total / Completo |
|--|--------------------------|-----------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 10 Programación de Control | | | | | |
| Los programas de supervisión están en una misma versión? | | | | | x |
| La programación de los PLCs puede ser hecha vía red ethernet? | x | | | | |
| Las licencias de programas están regularizadas? | | | | x | |
| Existe una planilla con datos de las licencias de software? | | | x | | |
| Existen estaciones para consulta de pantalla de operación vía red intranet? | | | x | | |
| | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| | 50% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 11 Filosofía de Operación | | | | | |
| Las señalizaciones son suficientes para la operación de la planta sin auxilio de consultas de PLCs? | | x | | | |
| 70% de los padrones de señalización y comandos están completamente conocidos por más de 70% de operadores? | | | | x | |
| Las solicitudes de soporte operacional son menos de 2 por mes? | | | | x | |
| El modo de control automático (grupo) predomina sobre el manual? | | x | | | |
| Existe un documento de especificación funcional para orientar desarrollos en cuanto a animación de símbolos, modos de operación, pantallas simbólicas, ventana de grupos, ventana de equipos, indicaciones análogicas, textos especiales, mensajes, sensores digitales, selecciones, botones de navegación y codificación (tags) | | | | | x |
| | 0 | 2 | 0 | 6 | 4 |
| | Color de elemento | | | | |
| | 60% | | | | |
| 12 CEP | | | | | |
| Los parametros principales son almacenados y puede ser consultado facilmente como tendencias en estaciones de operación? | | | | | x |
| Existe compartimiento de resultados de las variables de calidad entre operador de panel central y laboratorio a través del sistema? | | x | | | |
| Existe CEP una expedición de cemento? | x | | | | |
| Existe gráfico de Pareto de CEP implementado? | | | x | | |
| Existe gráfico de histograma de CEP implementado? | | | x | | |
| | 0 | 1 | 4 | 3 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 13 Alarmas | | | | | |
| Las alarmas estan con una priorización adecuada? | | x | | | |
| El numero medio de alarmas por dia es menor que 500? | | x | | | |
| El numero medio de alarmas corrientes es menor que 20? | | x | | | |
| Existe gerenciamiento sobre la ocurrencia de alarmas? | | x | | | |
| Las fallas de proceso pueden ser rastreadas através de un estudio historico de alarmas y eventos? | | x | | | |
| | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 14 Reportes | | | | | |
| Los datos de totalización de producción pueden ser accedidos vía red? | | | | | x |
| Los datos de EMR (medio ambiente) pueden ser accedidos vía informe directo en red? | | | | x | |
| Los datos de paradas pueden ser accedidos vía informe directo en red? | | | | | x |
| Los datos de totalización de energía pueden ser accedidos vía red? | | | | | x |
| | 0 | 0 | 0 | 3 | 12 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 15 Controles Avanzados | | | | | |
| Existe un sistema especialista para molinda? | | | | | x |
| Existe un sistema especialista para horno? | | | | | x |
| La disponibilidad de control por sistemas especialistas es mayor que 98%? | | x | | | |
| Los desvios de padrones de variables calculadas son aceptables (<25% falla de error)? | | | x | | |
| Las mallas de control basicas estan implementadas? | | | | x | |
| Los lazos de control estan implementados y funcionan de modo estable? | | | | | x |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 8 |
| | Color de elemento | | | | |
| | 58% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 16 Datos Históricos | | | | | |
| Existe base de datos historicos de largo plazo para 5000 puntos? | | | | | x |
| Existe base de datos historicos de largo plazo para 500 puntos? | | | | | x |
| Existe un programa de investigación vía intranet para datos historicos? | | | x | | |
| Existen informes inmediatos para investigación vía intranet de datos historicos? | | | x | | |
| | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| | 63% | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 17 Recetas y Simulaciones | | | | | |
| Existe una herramienta de simulación vinculada a la supervisión para cálculos de balances estequiométricos con uso de AFR? | x | | | | |
| Existe programación específica para intercambio de recetas con selección orientada a productos en instalaciones aplicable? | x | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 18 Base de Datos | | | | | |
| Existen comentarios adecuados y padronizados para las agendas usadas en PLC? | x | | | | |
| Existen comentarios adecuados y padronizados para las agendas usadas en supervisión? | x | | | | |
| Existe un mapa de la memoria del PLC para optimizar la comunicación (áreas definidas para cada tipo de variables como por ejemplo, comandos, setpoints, analogicas, alarmas, estados...)? | | | x | | |
| Existen variables no utilizadas (basura) en base de datos de supervisores? | x | | | | |
| Existen variables no utilizadas (basura) en base de datos de PLCs? | x | | | | |
| | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |
| 19 Documentación E/S | | | | | |
| Los puntos de E/S estan documentados? | x | | | | |
| Los formatos de la documentación es ideal para facilitar alteraciones y mantenimiento? | x | | | | |
| Existe una rutina de actualización de documentación? | x | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Color de elemento | | | | |
| Comentarios | | | | | |

Evaluación de Sistemas de Automatización

Planta Guayaquil

15-dez-07

| | 0. Nada / Inexistente | 1. Parcialmente | 2. Básico / Mínimo | 3. Casi Completo | 4. Total / Completo |
|---|-----------------------|-----------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 20 Descriptivos Funcionales | | | | | |
| Existen padrones descriptivos para los equipos? | x | | | | |
| Los equipos obedecen a una descripción estándar? | x | | | | |
| Existe una rutina de actualización de documento? | x | | | | |
| Los enclavamientos | | | x | | |
| Color de elemento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 21 Procedimientos Escritos | | | | | |
| Existe una lista de tareas críticas? | x | | | | |
| Existen procedimientos escritos para las tareas críticas? | x | | | | |
| Los procedimientos son ensayados por los menos experimentados? | x | | | | |
| Color de elemento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 22 Fallas Críticas | | | | | |
| Las fallas críticas son documentadas en informes específicos? | | x | | | |
| Las fallas críticas conocidas tienen soluciones definitivas levantadas? | | x | | | |
| El sistema de control causa menos de 2 paradas por año? | | x | | | |
| Color de elemento | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 23 Registro de Alteraciones | | | | | |
| Existe un procedimiento para alterar y documentar las alteraciones de alarmas? | x | | | | |
| Existe un registro histórico de todas las intervenciones en PLCs? | x | | | | |
| Existe una base de datos exclusiva en Lotus Notes para almacenar las solicitudes de alteraciones en lógica de funcionamiento y alarmas? | x | | | | |
| Existe una planilla exclusiva para el registro detallado de alteraciones temporarias de programa? | | x | | | |
| Existe una rutina de revisión y eliminación de puentes(jumps) realizados? | x | | | | |
| Color de elemento | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 24 Acceso Red | | | | | |
| Los accesos a los PLC son estrictos y controlados? | | | | | x |
| Las consultas son gerenciadas para reducción? | | | x | | |
| Las estaciones de operación accesan solamente los programas necesarios? | | | | | x |
| El usuario de administrador es conocida solo por los responsables? | | | | | x |
| Las accesibilidades son personalizadas por usuario? | | x | | | |
| Color de elemento | 0 | 1 | 2 | 0 | 12 |
| 75% | | | | | |
| Comentarios: | | | | | |
| 25 Experiencias compartidas | | | | | |
| Existe una rutina de consulta a ICM? | x | | | | |
| La automatización proporciona por lo menos desarrollo por año para otra unidad? | | | x | | |
| La automatización recibe por lo menos desarrollo por año de otra unidad? | x | | | | |
| La automatización publica por lo menos 3 artículos por año en ICM? | x | | | | |
| Color de elemento | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 26 Política de Actualización | | | | | |
| Existe un contrato para actualización de software? | x | | | | |
| Existe una estrategia para intercambio de hardware basada en accesibilidad y facilidades de desarrollo de ingeniería? | x | | | | |
| Existe una política a ser seguida acorde con una gerencia (por ejemplo: manejo de computadores con una area corporativa, provisionar PLCs retrados de otras unidades, automatizar areas no automatizadas antes de actualizar otras ó actualizar las prioritarias, etc.)? | x | | | | |
| Color de elemento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 27 Gerencia de Mejoras | | | | | |
| Existe una herramienta para almacenar las solicitudes, priorizaciones, acompañamiento estadístico y registro histórico de todas las tareas ejecutadas? | x | | | | |
| El porcentaje horas/hombre disponibles en mantenimiento correctivo es menor que 10%? | x | | | | |
| Los cambios de software de supervisión son cargadas automáticamente a partir de una selección (configuración NAD de Intouch)? | x | | | | |
| Existe un programa de integración con los clientes internos? | | | x | | |
| Color de elemento | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| 28 Gerencia de Proyectos | | | | | |
| La política de destino de recursos para administrar y desarrollar proyectos esta definida de manera escrita? | x | | | | |
| Existe un documento exclusivamente destinado a servir como estándar para desarrollos de nuevos proyectos? | | | | | x |
| Los proyectos necesarios estan priorizados? | | | x | | |
| Existe PMA y estudio de retorno de inversión para los grandes proyectos a que se aplica? | | | | | x |
| Color de elemento | 0 | 0 | 2 | 0 | 8 |
| 63% | | | | | |
| Comentarios: | | | | | |
| 29 Planeamiento de adquisición | | | | | |
| Existe una prevision de costos para actualización de sistemas cada 3 años? | | x | | | |
| Existe prevision de costos para mantener un cuadro de profesional capacitado? | | x | | | |
| Existe un acompañamiento por KPI de costo total de propiedad? | x | | | | |
| Los puntos críticos de hardware son conocidos? | x | | | | |
| Los inversión necesaria para eliminar los puntos críticos estan detallados? | | x | | | |
| Color de elemento | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Comentarios: | | | | | |
| Significado de colores: | | | | | |
| Item con bajo potencial de mejora (81% - 100%) | | | | | |
| Item con buen potencial de mejora (41% - 80%) | | | | | |
| Item con gran potencial de mejora (0% - 40%) | | | | | |

ANEXO 4:

Encuestas – Investigación.

1. Definición de problema:

La falta de una estructura organizativa de gestión de trabajo en el departamento de automatización y optimización, causa que no se analice los campos de mantenimiento, operación y de seguridad con respecto al control del proceso, dando como resultado paradas no programadas de equipos afectando así la producción.

Una pérdida de producción causa una disminución en el stock del producto afectando directamente el despacho normal del producto hacia nuestro cliente final, existiendo el riesgo de dañar la imagen como empresa.

2. Objetivos de la Investigación:

Conocer las sugerencias y opiniones del personal técnico, que permitan identificar posibilidades de mejora, en los campos de:

- Paradas no programadas.
- Habilidades técnicas.
- Rutinas de mantenimiento.
- Gestión de procesos.

La información necesaria es la propia opinión de personal, esto se lograra con encuestas y entrevistas.

3. Tipos de investigación que se proponen realizar.

La investigación a realizar será *aplicada*, cuyo objetivo final es la solución de un problema de estructuración, organización y administración del departamento de automatización y optimización.

La investigación será del tipo exploratoria, ya que la recolección de la información será por medio de un análisis de la situación actual del departamento, encuestas y entrevistas al personal técnico de la planta (Ingenieros químicos, proceso, eléctricos y de automatización)

4. Tipos y fuentes de información y método de acceso a las mismas.

La información será de tipo de datos primarios, cuya fuente será:

- Interna: personal técnico de la planta.

El modelo de acceso de datos será de manera cualitativa y se realizaran observaciones, encuestas y entrevistas.

5. Evaluaciones.

Encuesta # 1

Nombre:

- La relación entre el departamento de control y automatización con las diferentes áreas de proceso de la planta es necesaria para el éxito de las operaciones de cada uno de los procesos, asegurando la calidad del producto final.
- 1.)

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

- 2.) El sistema de control afecta de manera directa o indirecta con la calidad del producto final.

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

- 3.) La logica de programación actual no facilita una operación adecuada para el proceso de producción.

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

- 4.) Existe un riesgo critico de parada de alguno de los procesos por obsolescencia de equipos de control, entendidos ellos como: PLC's, fuentes de poder, tarjetas, red de comunicación, etc.

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

- 5.) La imagen de planta se ve afectada cuando se demora el despacho normal de cemento hacia nuestros clientes finales, cuando existe algun problema interno en nuestro proceso de producción.

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

- 6.) La imagen de planta se ve afectada cuando se limita la cantidad de cemento a despachar hacia nuestros clientes finales por algún problema interno en nuestro proceso de producción.

- 5 Muy de acuerdo
- 4 De acuerdo
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 En desacuerdo
- 1 Muy en desacuerdo

Encuesta # 2

Nombre:

- 1.) El departamento de control y automatización necesita tener una descripción del puesto de trabajo (cargo) para que los ingenieros de dicho tenga clara sus responsabilidades de manera escrita.

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

- 2.) Un plan de entrenamiento anual interno, ayuda al crecimiento profesional del personal.

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

- 3.) Tener un conocimiento claro de herramientas de analisis de confiabilidad y de prevención de fallas ayuda a minizar los riesgos de parada en los equipos principales de cada proceso.

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

- 4.) Indicadores de gestión propios del departamento ayudan a realizar una mejor gestión del departamento.

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

- 5.) Una filosofia de mantenimiento para el sistema de control, ayuda a incrementar su confiabilidad y su desempe

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

- 6.) Procedimiento para analizar fallas criticas del sistema de control, ayudaria a eliminar errores desde su verdadera causa raiz, mejorando asi la confiabilidad y operabilidad.

5 Indispensable

4 Muy importante

3 Importante

2 Necesario

1 No necesario

7.) Utilizar herramientas de análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP) para cada area del proceso ayudaria a tener una operación más segura.

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 5 Indispensable | <input type="checkbox"/> |
| 4 Muy importante | <input type="checkbox"/> |
| 3 Importante | <input type="checkbox"/> |
| 2 Necesario | <input type="checkbox"/> |
| 1 No necesario | <input type="checkbox"/> |

8.) Un procedimiento para el manejo de cambios en el sistema de control como: cambios en logica, actualizaciones, nuevas implementaciones, etc ayudaria a tener la documentación actualizada de manera correcta y comunicada a todo el personal de la planta.

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 5 Indispensable | <input type="checkbox"/> |
| 4 Muy importante | <input type="checkbox"/> |
| 3 Importante | <input type="checkbox"/> |
| 2 Necesario | <input type="checkbox"/> |
| 1 No necesario | <input type="checkbox"/> |

6. Tipo de muestreo:

Para explicar mejor este punto, se van a realizar encuestas a todos los involucrados o partes interesadas para mejorar el proceso del departamento.

Las encuestas se las realizaran a 15 ingenieros de las diferentes ramas profesionales (químicos, eléctricos, proceso y automatización). Los ingenieros mecánicos no se incluyen ya que no se relacionan con el departamento en cuestión.

La población es de 15 personas y se realizaran a todos las encuestas y entrevistas, teniendo una exactitud del 100 %. Se aplicara luego de la encuesta un análisis del tipo factorial, analizando cuando se interpreten los resultados si es o no necesario la rotación VARIMAX de la matriz.

7. Cálculos y análisis de resultados:

A continuación se realizaran los cálculos y análisis de las encuestas # 1 y # 2 con ayuda del software estadístico Minitab 14.

ENCUESTA # 1.

Matriz de datos.

| CASO | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 |
|------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 5 | 5 | 2 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 6 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 8 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 |
| 10 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 |
| 11 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 |
| 12 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 13 | 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 15 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |

CARGAS FACTORIALES (NO ROTADAS) Y COMUNALIDADES

| Variable | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 | Factor5 | Factor6 | Communality |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| V1 | -0,864 | -0,117 | -0,138 | 0,365 | 0,295 | -0,037 | 1,000 |
| V2 | -0,746 | -0,487 | 0,211 | 0,308 | -0,253 | 0,058 | 1,000 |
| V3 | -0,395 | 0,744 | 0,532 | 0,076 | 0,034 | 0,028 | 1,000 |
| V4 | -0,670 | -0,486 | 0,288 | -0,460 | 0,134 | 0,030 | 1,000 |
| V5 | -0,919 | 0,222 | -0,136 | -0,161 | -0,142 | -0,205 | 1,000 |
| V6 | -0,817 | 0,358 | -0,387 | -0,145 | -0,048 | 0,178 | 1,000 |
| Variance | 3,4189 | 1,2177 | 0,5982 | 0,4925 | 0,1929 | 0,0799 | 6,0000 |
| % Var | 0,570 | 0,203 | 0,100 | 0,082 | 0,032 | 0,013 | 1,000 |

Se puede observar que los autovalores correspondientes a los dos primeros factores son los únicos mayores que la unidad (3,42 y 1,22). El porcentaje de varianza explicada por esos mismos factores es algo más del 77 % y puede verse también que con solo esos dos factores se pueden dar una interpretación de lo que se desea, ya que 5 de las 6 variables tienen alta carga en el primero y la otra en el segundo factor.

Procedemos a extraer entonces los 2 primeros factores.

MATRIZ FACTORIAL (NO ROTADA)

| Variable | Factor1 | Factor2 | Comunalidad |
|----------|---------|---------|-------------|
| V1 | -0,864 | -0,117 | 0,759 |
| V2 | -0,746 | -0,487 | 0,793 |
| V3 | -0,395 | 0,744 | 0,710 |
| V4 | -0,670 | -0,486 | 0,686 |
| V5 | -0,919 | 0,222 | 0,894 |
| V6 | -0,817 | 0,358 | 0,795 |
| Variance | 3,4189 | 1,2177 | 4,6366 |
| % Var | 0,570 | 0,203 | 0,773 |

Las 6 variables originales están bien representadas por los dos factores extraídos, ya que las comunalidades asociadas son por arriba del 77 %.

Procedemos a realizar la matriz factorial con solo los 2 factores extraídos pero con la rotación Varimax, luego analizaremos los datos proporcionados por ambos casos.

MATRIZ FACTORIAL (ROTACION VARIMAX)

| Variable | Factor1 | Factor2 | Comunalidad |
|----------|---------|---------|-------------|
| V1 | 0,751 | -0,443 | 0,759 |
| V2 | 0,887 | -0,080 | 0,793 |
| V3 | -0,151 | -0,829 | 0,710 |
| V4 | 0,527 | -0,033 | 0,686 |
| V5 | 0,584 | -0,743 | 0,894 |
| V6 | 0,420 | -0,787 | 0,795 |
| Variance | 2,5747 | 2,0619 | 4,6366 |
| % Var | 0,429 | 0,344 | 0,773 |

Interpretación de los resultados:

La mejor interpretación de los resultados de la encuesta # 1 la muestra la matriz factorial NO ROTADA, en comparación con la matriz con rotación Varimax, ya que los factores que se encuentran agrupados en la primera matriz explican de manera correcta la problemática que se esta planteando, teniendo como resultado:

FACTOR 1: CALIDAD

- Relación entre el departamento de control & automatización con las diferentes áreas de proceso de la planta.
- Afecta el sistema de control directamente o indirectamente con el producto final.
- Riesgo de parada de alguno de los procesos por obsolescencia de equipos de control.
- La imagen de planta se ve afectada cuando se limita el despacho.
- La imagen de planta se ve afectada cuando se demora el despacho normal.

FACTOR 2: PROCESO – OPERACIÓN.

- La lógica de programación facilita una operación adecuada para el proceso.

ENCUESTA # 2.

| CASO | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 5 | 2 |
| 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 6 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 7 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 8 | 5 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 12 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 14 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 15 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |

CARGAS FACTORIALES (NO ROTADAS) Y COMUNALIDADES

| Variable | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 | Factor5 | Factor6 | Factor7 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| V1 | 0,864 | 0,182 | -0,059 | 0,325 | 0,260 | 0,122 | -0,046 |
| V2 | 0,699 | 0,542 | -0,034 | 0,142 | -0,247 | -0,314 | -0,182 |
| V3 | 0,805 | 0,488 | 0,038 | 0,059 | -0,115 | 0,134 | 0,269 |
| V4 | 0,514 | -0,464 | -0,579 | -0,252 | -0,018 | -0,323 | 0,110 |
| V5 | 0,517 | -0,590 | -0,451 | 0,053 | -0,191 | 0,354 | -0,111 |
| V6 | 0,694 | -0,428 | 0,340 | -0,098 | 0,430 | -0,097 | -0,033 |
| V7 | 0,043 | 0,744 | -0,345 | -0,503 | 0,204 | 0,157 | -0,081 |
| V8 | 0,591 | -0,203 | 0,600 | -0,401 | -0,268 | 0,085 | -0,037 |
| Variance | 3,2475 | 1,9054 | 1,1400 | 0,6193 | 0,4772 | 0,4022 | 0,1407 |
| % Var | 0,406 | 0,238 | 0,143 | 0,077 | 0,060 | 0,050 | 0,018 |

| Variable | Factor8 | Communality |
|----------|---------|-------------|
| V1 | -0,161 | 1,000 |
| V2 | 0,061 | 1,000 |
| V3 | 0,075 | 1,000 |
| V4 | -0,065 | 1,000 |
| V5 | 0,072 | 1,000 |
| V6 | 0,122 | 1,000 |
| V7 | 0,009 | 1,000 |
| V8 | -0,089 | 1,000 |
| Variance | 0,0676 | 8,0000 |
| % Var | 0,008 | 1,000 |

Se puede observar que los autovalores correspondientes a los tres primeros factores son los únicos mayores que la unidad (3,2475; 1,9054 y 1,1400). El porcentaje de varianza explicada por esos mismos factores es algo más del 78 % y puede verse que con tres factores se pueden dar una interpretación de lo que se desea, ya que 4 de las 8 variables tienen alta carga en el primero y 4 variables repartidas por 2 factores tanto en el segundo y tercer factor.

Procedemos a extraer entonces los 3 primeros factores.

MATRIZ FACTORIAL (NO ROTADA)

| Variable | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Comunalidad |
|----------|---------|---------|---------|-------------|
| V1 | 0,864 | 0,182 | -0,059 | 0,784 |
| V2 | 0,699 | 0,542 | -0,034 | 0,784 |
| V3 | 0,805 | 0,488 | 0,038 | 0,888 |
| V4 | 0,514 | -0,464 | -0,579 | 0,815 |
| V5 | 0,517 | -0,590 | -0,451 | 0,818 |
| V6 | 0,694 | -0,428 | 0,340 | 0,780 |
| V7 | 0,043 | 0,744 | -0,345 | 0,674 |
| V8 | 0,591 | -0,203 | 0,600 | 0,750 |
| Variance | 3,2475 | 1,9054 | 1,1400 | 6,2929 |
| % Var | 0,406 | 0,238 | 0,143 | 0,787 |

Con la matriz factorial (NO ROTADA) no obtengo una buena interpretación de mis resultados, por esto procedemos a realizar el paso de rotación.

MATRIZ FACTORIAL (ROTACION VARIMAX)

| Variable | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Comunalidad |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| V1 | 0,769 | -0,325 | 0,294 | 0,784 |
| V2 | 0,883 | -0,025 | 0,060 | 0,784 |
| V3 | 0,921 | -0,055 | 0,190 | 0,888 |
| V4 | 0,116 | -0,894 | 0,049 | 0,815 |
| V5 | 0,026 | -0,881 | 0,204 | 0,818 |
| V6 | 0,211 | -0,330 | 0,792 | 0,780 |
| V7 | 0,548 | 0,177 | -0,585 | 0,674 |
| V8 | 0,266 | 0,023 | 0,824 | 0,750 |
| Variance | 2,6492 | 1,8257 | 1,8180 | 6,2929 |
| % Var | 0,331 | 0,228 | 0,227 | 0,787 |

Las 8 variables originales están bien representadas por los tres factores extraídos, ya que las comunalidades asociadas son por arriba del 78 %.

Interpretación de los resultados:

La mejor interpretación de los resultados de la encuesta # 2 la muestra la matriz factorial ROTADA, en comparación con la matriz sin rotación, ya que los factores que se encuentran agrupados en la matriz explican de manera correcta la problemática que se esta planteando, teniendo como resultado:

FACTOR 1: Gestión del Recursos Humano.

- Descripción de puesto de trabajo.
- Promover capacitación interna del departamento.
- Conocimiento de análisis de confiabilidad y prevención de fallas.

FACTOR 2: Gestión de mantenimiento.

- Indicadores de Gestión.
- Filosofía de mantenimiento.

FACTOR 3: Gestión de Procesos.

- Procedimiento de análisis de fallas.
- Procedimiento de uso de herramientas de análisis de riesgo y operabilidad.
- Procedimiento de manejo de cambios.

CONCLUSIONES.

- En la primera encuesta se refleja como el departamento de automatización & control afecta directa o indirectamente con la calidad del producto final, ya que un fallo en el sistema de control o un mal control del mismo puede influir drásticamente en el proceso de producción.

Como se indica en la Norma ISO 9001:2000, indica, en sus literales:

6.3 - Infraestructura, la organización debe terminar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

8.2.1 – Satisfacción del Cliente, la organización debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización.

La Norma ISO es bastante clara en sus literales, con lo cual se confirma la relación entre el departamento de automatización & control con los demás procesos de la empresa.

- En la segunda encuesta se refleja algunas posibilidades de mejora para dicho departamento, en la encuesta se visualizan 3 factores, el recurso humano, mantenimiento y la gestión de procesos. En los siguientes puntos se trata de justificar el porque de dichos factores como mejoras potencial para el departamento para aumentar la confiabilidad del sistema, con respecto a la calidad.

1. De la misma forma la Norma ISO 9001:2000, indica, en su literal:

6.2.2 – Competencia, toma de conciencia y formación, la organización debe: a) determinar la competencia necesaria para el personal que realiza trabajos que afecten a la calidad del producto, b) proporcionar formación o tomar otras acciones para satisfacer dichas necesidades.

6.3 - Infraestructura, *la organización debe terminar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto.*

2. De la misma forma la Norma OHSAS 18001, indica, en su literal:

4.4.6 – Control Operativo, *establecer y mantener procedimientos para el diseño del lugar de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria, procedimientos de operación y organización de trabajo, incluyendo su adaptación a las capacidades humanas, para eliminar o reducir los riesgos de SSO en su origen.*

- Finalmente el aporte de la investigación fue excelente ya que nos permitió realizar una evaluación del departamento de automatización & control con relación a su influencia en el sistema de calidad de la planta, además de confirmar algunas posibilidades de mejora en la encuesta.

Todo esto fue en conjunto con las partes interesadas, como son: laboratorio de calidad, optimización de procesos, parte eléctrica y finalmente la de automatización.