



Estado del Arte

Automatización en Cartagena de Indias

Planta Térmica de Generación Eléctrica Termocandelaria

Integrantes:

Elías Antonio Sierra Romero

Hernando Javier Rosales Vuelvas

Tutor:

José Luís Villa

Universidad Tecnológica de Bolívar

Cartagena de Indias D.T y C.

2008

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	4
2.	Descripción del proceso industrial.....	5
2.1.	Operación a gas natural.....	6
2.2.	Operación con fuel oil.....	6
2.3.	Sistema de tratamiento de agua.....	6
2.4.	Generación.....	7
3.	Estado del arte en la planta Termocandelaria.....	11
3.1.	Marco conceptual.....	11
3.2.	Gestión de operaciones, mantenimiento e ingeniería.....	13
3.2.1.	Optimización del uso de activos de planta.....	13
3.2.2.	Rol de los Operadores.....	18
3.2.3.	Eficiencia en Ingeniería.....	19
3.2.4.	Impacto Ambiental.....	21
3.2.5.	Control Avanzado.....	22
3.2.6.	Administración de Información.....	24
3.2.7.	Seguridad Integrada.....	25
4.	Sistema de gestión de mantenimiento MP2.....	26
4.1.	Etapas de la gestión de los activos.....	26
4.2.	Módulos MP2.....	27
5.	Sistema de control.....	31
5.1.	Control experto e información.....	32
5.2.	Modbus RTU y TCP abierto.....	34
5.3.	Fieldbus Foundation.....	35

5.4.	DeviceNet.....	35
5.5.	Profibus DP-V2.....	35
5.6.	Comunicación con dispositivos de terceros.....	36
6.	Problemáticas y posibles soluciones a nivel de automatización.....	37
7.	Conclusiones.....	40
8.	Bibliografía.....	41

1. INTRODUCCIÓN

Una de las tareas más importantes para abordar el análisis de la problemática local y regional es estudiar con cierto detalle la realidad que nos rodea. Este trabajo tiene por objeto estudiar la realidad de la automatización industrial en el sector Industrial de Cartagena, y en particular, la relacionada con las empresas del sector de Mamonal.

Este documento de investigación busca establecer la existencia o no de tecnologías y prácticas profesionales relacionadas con la automatización de los procesos industriales, que en teoría deberían estar presentes en plantas de tamaño mediano y grandes como las que encontramos en dicho sector industrial, y tiene por objeto identificar con cierta precisión las necesidades del sector industrial a nivel de automatización, control e instrumentación.

Este estudio se realizó en la empresa de generación de energía eléctrica Termocandelaria S.C.A.E.S.P, la cual es propietaria de la central Termoeléctrica del mismo nombre que opera en Mamonal desde mediados del año 2000, con una potencia instalada de 314MW en ciclo simple, a gas natural o fuel oil. La planta cuenta con dos unidades de generación capaces de producir 157MW cada una, con un Heat Rate de 9,550 Btu/Kwh y una eficiencia neta de planta de 33% en condiciones ISO.

La información fue obtenida mediante charlas técnicas con el personal involucrado con la operación y el mantenimiento de la planta, es decir, ingenieros, operadores de campo e instrumentistas.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la primera parte se realiza una descripción del proceso de generación mediante turbinas de gas, luego, a través de un cuestionario, se realiza un análisis del estado de automatización de la planta desde la escala básica, hasta llegar a los sistemas de vanguardia en automatización como son los ERP y MES, mas tarde se describe brevemente el sistema de control, y se culmina con las problemáticas encontradas a nivel de automatización y sus posibles soluciones.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

Para entender el proceso industrial de generación de energía eléctrica a partir de la transformación de la energía térmica, es necesario visualizar inicialmente un esquema a gran escala de la forma en que la materia prima es transformada a partir de diferentes procesos para alimentar la turbina, la cual proporciona energía mecánica al eje y por medio de un alternador se genera energía eléctrica. Ver figura 1.

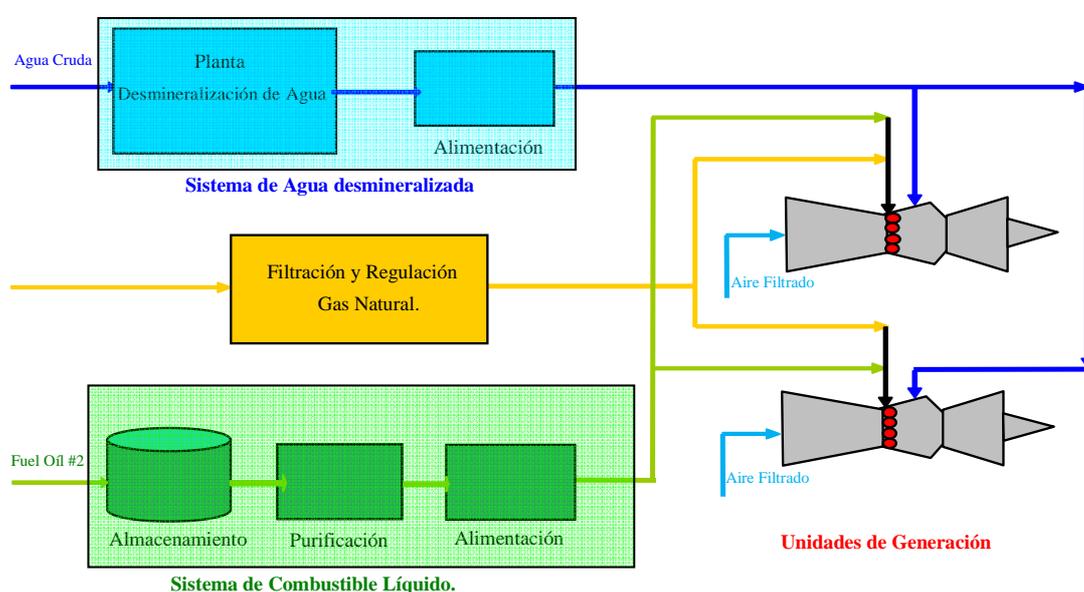


Figura.1 Esquema del proceso de alimentación de las turbinas.

La central térmica cuenta con dos turbogeneradores Westinghouse 501F a gas natural o fuel oil operando en ciclo abierto, con un total de 314MW netos instalados con sus respectivos generadores.

La energía eléctrica de Termocandelaria se entrega en el lado de 220KV de los transformadores principales de ambas unidades. Un circuito doble de transmisión, de 500 metros de longitud, interconecta la central a través de dos líneas de transmisión de 220KV con las subestaciones de Termocartagena y Ternera.

2.1. Operación a gas natural

El gas natural llega a la central por una tubería de aproximadamente un kilómetro de longitud, que se conecta al gaseoducto troncal Ballenas – Cartagena, de propiedad de PROMIGAS.

El gas natural pasa por un proceso de prefiltrado y filtrado hasta un skid de válvulas controladoras de flujo y presión, para luego ser inyectado a las turbinas a aproximadamente 375PSI.

2.2. Operación con fuel oil

El combustible alternativo (Fuel oil) llega por carro tanques a la planta y es descargado en dos bahías que cuentan con un skid de dos bombas de descarga cada una. Este pasa por un sistema de filtros coalescentes llegando a un tanque de almacenamiento de 1'260.000 galones. Una vez almacenado el combustible es bombeado para ser procesado en una planta de tratamiento de combustible que cuenta con un sistema de centrifugado para eliminar el exceso de sales (K y Na). El combustible tratado se almacena en un tanque de diario de 60.000gal, este se bombea mediante un skid de bombas de “forwarding” hacia las bombas de inyección de alta presión de las turbinas, estas elevan la presión y el combustible llega a un skid de válvulas controladoras de flujo y presión, el combustible pasa a un cabezal y es distribuido a los quemadores duales.

2.3. Sistema de tratamiento de agua

El proceso comienza con alimentación de agua cruda tomada de la reserva de Acuacar adyacente a la planta y es bombeada hacia un sistema de clarificación donde se le inyectan diferentes químicos al agua. Una vez clarificada el agua pasa por sistema de filtrado, inicialmente por filtros de arena, y luego por filtros de carbón activado. El agua filtrada es enviada a un sistema de osmosis

inversa obteniendo a la salida agua permeada. Luego ingresa al sistema de electrodesionización y es almacenada en un tanque de 650.000gal obteniendo a la salida agua desmineralizada. El agua es bombeada mediante un skid de bombas de “forwarding”, aguas abajo bombas de alta presión elevan la presión del agua, la cual es inyectada a los cabezales, para más tarde ser rociada mediante boquillas en los quemadores.

2.4. Generación

El proceso principal de la generación se inicia de la siguiente forma: El Aire es extraído del ambiente pasando por un sistema de filtración, luego atraviesa un sistema de compresión de aire tipo axial de 16 etapas, la descarga de aire de alta presión es inyectado en las canastas combustoras de la turbina. El flujo de aire-combustible pasa las 4 etapas de la turbina la cual proporciona energía mecánica al rotor y los gases resultantes del proceso salen por el exhosto de la turbina. El sistema de agua desmineralizada se utiliza para reducir las emisiones de NOx y también aumenta la potencia de la turbina aproximadamente 8MW.

En el rotor de la turbina se le inyecta corriente DC mediante un juego de escobillas, la corriente DC y el movimiento del rotor produce un campo magnético giratorio que induce un grupo de corrientes trifásicas en el estator. En los bornes del generador aparecen 13,8KV que son elevados mediante un transformador de potencia a 220KV.

Una vez sincronizada la turbina con referencia al sistema interconectado nacional, se carga eléctricamente en rampa hasta en aproximadamente 35 minutos hasta su potencia nominal.

Desde el punto de vista de automatización, la figura 2 muestra la arquitectura de control de la planta.

En la figura 2 se muestra el diagrama de control de la planta, en este, aparece un centro de control de potencia o por sus siglas en ingles PDC (Power Distribution Center), en el diagrama aparecen dos centros de control de motores, uno encargado del sistema de agua desmineralizada y otro del sistema de tratamiento de combustible, ambos están enlazados mediante una DEVICENET de 64 elementos a la cabina de control del DCS OVATION, las señales de los arrancadores de los centros de control de motores de planta de agua y tratamiento de combustible llegan a la cabina de PLCs de NEWTON y ALFALAVAL respectivamente, y estas a su vez se comunican por ETHERNET con OVATION, las señales del sistema de control van a su vez a un concentrador de señales o cabina de red, estas señales son enviadas por fibra óptica a las cabinas de OVATION en el cuarto de control. Cabe destacar que ambas unidades de generación pueden ser arrancadas en el PDC o en el centro de control principal.

2.5. Instrumentación

2.5.1. Actuadores

La planta cuenta con un variado sistema de actuadores compuesto básicamente por válvulas neumáticas, hidráulicas, eléctricas y manuales. Las válvulas neumáticas son utilizadas para el control de aire de sangrado de la turbina, es decir en las etapas de alta y baja presión del compresor de aire. Además, también podemos encontrar este tipo de válvulas en la planta de tratamiento de agua en el control del sistema de filtrado (sistemas de lavado, retrolavado, descarga y drenaje). Así como también, en los sistemas de regulación de flujo de combustible y agua.

Las válvulas hidráulicas de acción rápida son utilizadas en los sistemas de corte de gas y fuel oil a la entrada de la turbina a una presión aproximada de 700PSI.

Las válvulas eléctricas solenoides son utilizadas en el sistema de inyección de agua para el tratamiento de combustible y las válvulas manuales en las succiones de los tanques y básicamente en todo el sistema para desacople.

2.5.2. Sensores

El proceso de generación de energía eléctrica exige medir diferentes variables, como por ejemplo:

➤ **Temperatura**

Se utilizan termocuplas para el control de temperatura en las canastas de turbinas y en el paquete del generador.

➤ **Presión**

Se utilizan manómetros en la descarga de todas las bombas de la planta. También se utiliza el principio de medición de presión diferencial para observar la caída de los filtros de combustible.

Los sistemas de inyección de agua y combustible son críticos en el proceso debido a que una alarma de baja presión puede ocasionar el disparo de la turbina, para estos sistemas se utilizan transmisores de presión los cuales llevan la señal al sistema de supervisión.

➤ **Flujo**

Para la medición de flujo de combustible se utilizan medidores tipo Coriolis (máscicos), para el agua se utilizan medidores tipo Vortex y para el gas, medidores tipo Ultrasónico.

➤ **Nivel**

Para la medición de nivel en los tanques de almacenamiento de agua y combustible se utilizan medidores tipo radar de onda guiada.

3. ESTADO DEL ARTE EN LA PLANTA TERMOCANDELARIA

3.1. Marco conceptual

Una empresa puede ser vista como un sistema con entradas, salidas y desempeño deseado, la automatización, entonces, solo puede ser vista como una tecnología que permite que los procesos industriales ayuden en el cumplimiento del desempeño deseado de la empresa, como se representa en la figura 3.

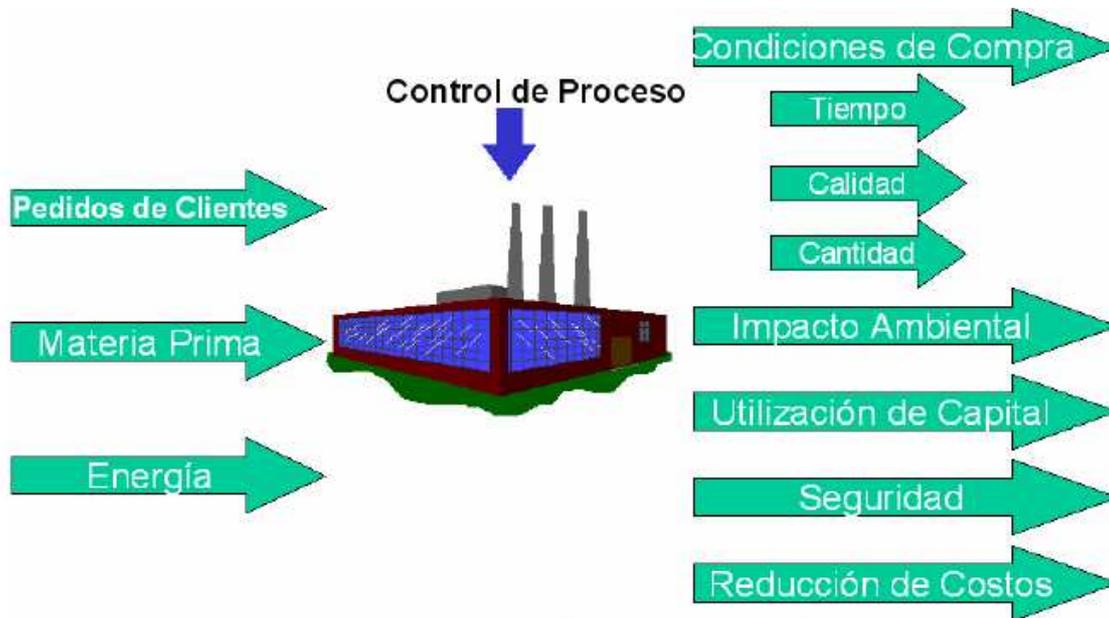


Figura 3. Empresa vista como un sistema

Dependiendo de la naturaleza de los procesos de la empresa será necesario utilizar uno u otro tipo de tecnología apropiada para solucionar los problemas de control y automatización en planta. La figura 4 muestra una relación entre los tipos de plantas industriales y las tecnologías disponibles para ello.

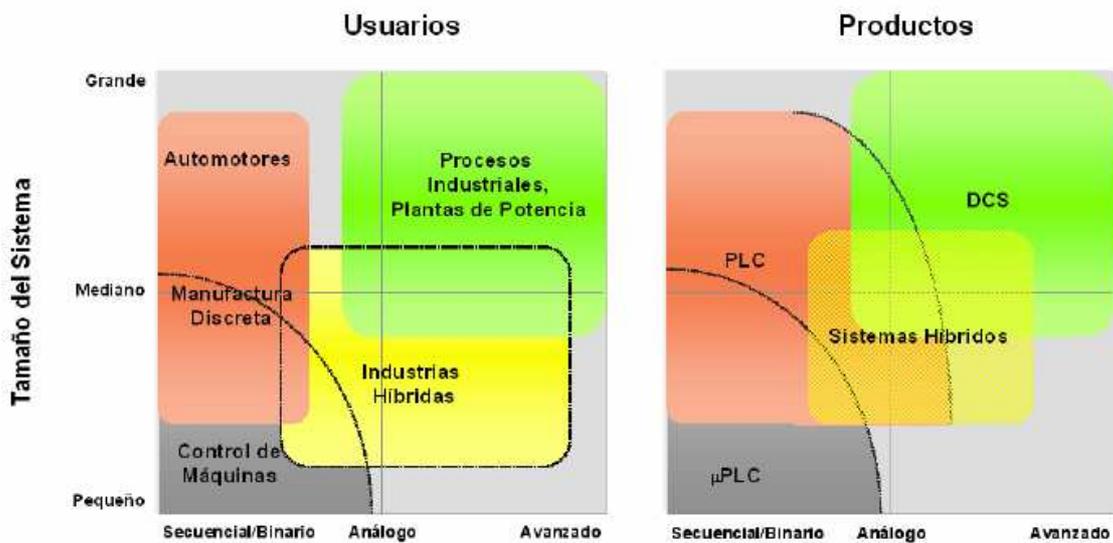


Figura 4. Relación entre tipos de productos y soluciones tecnológicas

Estas soluciones tecnológicas solamente aplican a la automatización, instrumentación y control de los procesos de manufactura, pero poco dicen respecto a la interacción entre los procesos en planta y las demás unidades de la empresa como financiera, planeación, ventas, o inclusive entre diferentes unidades de planta como mantenimiento y operación.

Para entender como las tecnologías aplican dependiendo del nivel de decisión y el manejo de la información se ha desarrollado el concepto de la pirámide de la automatización. En este concepto, la automatización puede ser vista como una pirámide donde las acciones más rápidas e intrínsecamente relacionadas con la operación técnica del proceso se llevan en el nivel mas bajo, y tomas de decisión e largo plazo, además de análisis y programas de largo plazo se llevan en niveles más altos. La pirámide de la automatización es representada en la figura 5.

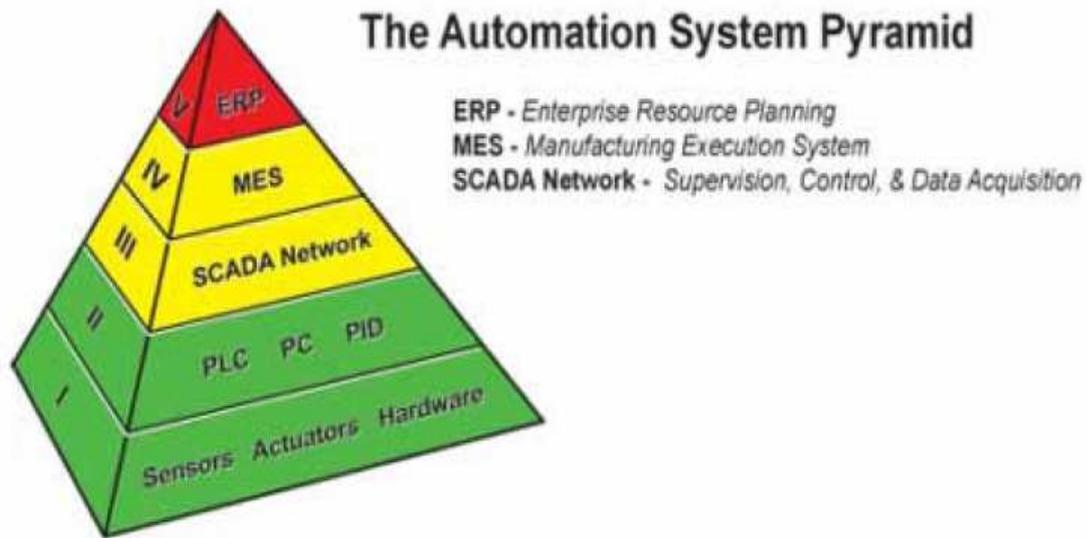


Figura 5. Pirámide de la Automatización

Otro de los sentidos de la pirámide de la automatización es el hecho de que no se pueden tomar decisiones adecuadas, y mucho menos “automáticas”, sin que los procesos en los primeros niveles sean puestos a punto. Por otra parte, la sola presencia de la tecnología en la empresa no es suficiente para que pueda servir a tareas elaboradas de planeación y toma de decisiones basado en información de planta.

3.2. Gestión de operaciones, mantenimiento e ingeniería

3.2.1. Optimización del uso de activos de planta

Desde el punto de vista de funcionamiento del proceso, las tareas de mantenimiento y operación usualmente son consideradas como tareas y departamentos independientes, cada uno con objetivos propios. Desde el punto de vista de sistema, el objetivo de todos los procesos en la planta debe ser maximizar el beneficio de la empresa, y de esa forma no tiene sentido aislar operación, mantenimiento e ingeniería, si bien cada una de dichas secciones tiene requerimientos especiales.

3.2.1.1. ¿Tiene la empresa funciones claramente definidas para operación, mantenimiento e ingeniería de proceso?

- La empresa esta conformada por un único grupo que reúne las operaciones y el mantenimiento. Este grupo coordina todas las actividades en conjunto para el funcionamiento de la planta. Así mismo, la ingeniería de proceso es elaborada por el departamento de operaciones y mantenimiento el cual se encarga de las posibles actualizaciones de proceso para una mejor operación de la planta.

3.2.1.2. ¿Se puede hacer una lista de las operaciones, a nivel macro, de cada una de ellas?

- Sí, el proceso de operación de la planta comienza de la siguiente forma:
 - ✓ Se recibe orden de despacho de energía del CND.
 - ✓ Se solicitan los insumos, es decir, gas natural o Fuel Oil
 - ✓ **Si la operación es con gas natural:**
 - Se espera la autorización del proveedor de gas.
 - Se realiza por parte del operador el chequeo de prearranque de todos los elementos que intervienen en el proceso.
 - Previo al periodo de despacho se inicia el proceso de arranque de la maquina (Turbina) ayudada por un motor de arranque de 2200HP hasta llegar a velocidad de autosostenimiento.
 - El tiempo de llegada a velocidad de sincronismo dura aproximadamente 19 minutos. Una vez sincronizada la maquina se procede a cargarla eléctricamente.
 - Se cumple con el despacho programado.

- Una vez se detiene la maquina se realizan tres arranques sostenidos por el motor de arranque (Spin Hold) para enfriar la turbina durante 10 minutos con intervalos de 1 hora.

✓ **Si la operación es con Fuel Oil:**

- Se solicita combustible al proveedor.
- Se realiza por parte del operador el chequeo de prearranque de todos los elementos que intervienen en el proceso. (Zona de Descarga)
- La planta cuenta con un tanque de 1'260.000 Galones, este combustible pasa por un proceso de purificación hasta un tanque de 60.0000 galones que alimenta las turbinas. Si no hay disponibilidad de combustible se descargan camiones con combustible.
- Se procede a arrancar la planta de tratamiento de combustible.
- Una vez se purifica el combustible ingresa a un tanque diario (60.000 galones).
- Bombas succionan este combustible y los envían hacia las unidades.
- El tiempo de llegada a velocidad de sincronismo dura aproximadamente 19 minutos. Una vez sincronizada la maquina se procede a cargarla eléctricamente.
- Al trabajar la maquina con este tipo de combustible liquido se requiere inyección de agua desmineralizada para el control de emisiones.
- Al tiempo que arranca la planta de combustible arranca la planta de tratamiento de agua.
- Una vez se apaga la maquina (turbina) se arranca el sistema de aire de purga, encargado de drenar el combustible restante hacia el tanque drenaje para luego pasar de nuevo al tanque de 1'260.000.
- Se cumple con el despacho programado.

3.2.1.3. ¿Cómo es la interacción entre estas tres unidades?

- Conjunta, ya que hace parte de un solo departamento de operaciones y mantenimiento.

3.2.1.4. Algunas preguntas particulares son:

3.2.1.4.1. ¿Se tienen procedimientos estandarizados de ajuste de reguladores o revisión de código de programas?

- Se tiene un programa (MP2) sistematizado de mantenimiento general, es decir mantenimiento predictivo. MP2 emite órdenes de mantenimiento y servicio (compras e inventarios) según actualizaciones del administrador y requerimientos de la planta.

A la llegada de nuevos equipos a la planta, todos los parámetros de revisión son ingresados al sistema para llevar un control sobre los elementos, vitales para el proceso. Al igual sucede con los equipos obsoletos, estos son eliminados del programa de gestión de mantenimiento.

3.2.1.4.2. ¿Se tienen implementados programas oficiales de formación y actualización de operadores?

- Sí, programas de seguridad industrial cada tres meses, además, se realizan capacitaciones técnicas cada seis meses o cuando sea necesario, es decir, a la llegada de nuevos equipos.

3.2.1.4.3. ¿Se tienen programas estandarizados de calibración y ajuste de instrumentos?

- Sí, las órdenes de mantenimiento las emite automáticamente el sistema de supervisión de mantenimiento. La calibración de

instrumentos se realiza por medio de terceros ya sea localmente, ó servicio técnico especializado internacional.

3.2.1.4.4. ¿Se tienen programas de actualización tecnológica y mejora de proceso?

- Sí, se pasó a un sistema de control de tecnología de punta (Ovation) capaz de controlar nuevos procesos, y que permite soluciones escalables como por el ejemplo el siguiente paso a ciclo combinado.

3.2.1.4.5. ¿Se tienen identificadas las principales fallas recurrentes en el proceso y existen planes de estudio para su solución?

- Sí, por ejemplo: una falla recurrente fue que las unidades (turbinas) se disparaban durante el arranque. Este problema se estudió mostrando que la curva de arranque de la maquina requería ajustes de tiempo de ignición de llama. Posteriormente se le hizo un ajuste a la curva mostrando buenos resultados. Otra falla presentada provocaba el disparo de la turbina debido a una diferencia entre las temperaturas de las canastas, mediante un estudio se llegó a la conclusión que las canastas tenían un defecto de diseño, esto llegó a manos del fabricante y se modificó su diseño.

3.2.1.5. Algunas preguntas tecnológicas puntuales son:

3.2.1.5.1. ¿Se cuenta con buses de campo instalados?

- Sí, entre los cuales están; HART, Foundation Fieldbus, Profibus y DeviceNet.

3.2.1.5.2. ¿Se cuenta con instrumentación inteligente?

- Sí, un ejemplo son los medidores de flujo de gas ultrasónico capaces de comunicarse y tomar acciones en línea mediante una interfaz computadora-instrumento en campo.

3.2.1.5.3. ¿Se tienen identificados las posibles actualizaciones tecnológicas de instrumentos y técnicas relacionados con el proceso?

- Sí, los proveedores de elementos de la turbina envían información vía mail sobre las nuevas actualizaciones y tecnología reciente desarrollada.

3.2.1.5.4. ¿Existen sistemas CMMS (Computerized Maintenance Management Software) implementados en la empresa?

- Sí, actualmente se cuenta con el MP2, un software de gestión de las operaciones de mantenimiento. MP2 permite a largo plazo el crecimiento del tamaño de las operaciones: MP2 puede crear órdenes de trabajo de forma inmediata, o genera órdenes de trabajo mediante una base de datos creada en forma previa.

3.2.2. Rol de los Operadores

Los operadores son las personas de la planta encargados de hacer que la planta opere en forma regular, evitando situaciones peligrosas y maximizando el tiempo de operación normal de la planta. En este sentido los operadores deben contar con las herramientas adecuadas para afrontar el día a día de la planta, mucho más que contar con mucha información que puede resultar confusa. Algunas de las preguntas relacionadas con este ítem pueden ser:

3.2.2.1. ¿Existen programas establecidos para detectar el origen de las fallas recurrentes y tomar decisiones al respecto?

- Sí, el operador es capaz de resolver fallas menores como alarmas, informando previamente al supervisor de turno de manera que no se comprometa el funcionamiento ideal del sistema.

3.2.2.2. ¿Existen canales de comunicación formales entre los operadores y el grupo de ingenieros?

- Sí, las ordenes de trabajo que son emitidas por el software de mantenimiento, y si se presentan una falla en campo vista por el operador se le comunica al supervisor y este emite una orden de mantenimiento.

3.2.2.3. ¿Puede el sistema de supervisión ser modificado de acuerdo a las necesidades de los operadores?

- No, el personal de la planta no puede realizar ninguna modificación en el sistema de supervisión, a menos que se trate de una necesidad urgente de planta, para estos casos se realiza una orden de servicio con especial especializado de la firma Emerson Process Management.

3.2.3. Eficiencia en Ingeniería

La sección de ingeniería tiene por objeto estudiar y promover la implementación de mejoras substanciales en los procesos de la planta para obtener condiciones de confiabilidad y seguridad mayores. Algunas preguntas relacionadas con este ítem son las siguientes:

3.2.3.1. ¿Las herramientas de ingeniería para el proceso permiten soluciones escalables?

- Sí, todo software, instrumentación y elementos propios de la planta se escogen pensando en el siguiente de paso de la ingeniería de planta.

3.2.3.2. ¿Tiene ingeniería programas implementados para analizar el proceso de acuerdo al comportamiento corriente del proceso?

- Sí, se cuenta con un DCS (Ovation) el cual lleva registros, históricos, supervisión y control de proceso.

3.2.3.3. ¿Existen simuladores del proceso debidamente ajustados a la realidad de la planta?

- No, el DCS tiene la opción pero no se encuentra dentro del paquete de servicios que adquirió la planta.

3.2.3.4. ¿Existen formas centralizadas de almacenamiento de información donde sea coherente la información de ingeniería, operación y mantenimiento?

- Sí, existe una base de datos en línea donde se coloca toda la información de operaciones y mantenimiento. Organizada por unidad o por sistema, con fecha de ejecución. Además, se cuenta con un registro fotográfico de las operaciones.

3.2.3.5. ¿Los diseños de ingeniería permiten que sean reutilizables en futuros proyectos?

- Sí, un ejemplo claro es el diseño de la planta de agua, que en una primera instancia se utiliza para el control de emisiones, pero al momento de llegar al ciclo combinado el agua desmineralizada será utilizada para alimentar la calderas.

3.2.4. Impacto Ambiental

Uno de los tópicos actuales mas reglamentados y de alto impacto en la ciudad de Cartagena, por su característica de ciudad turística y cultural es el impacto ambiental. Algunas preguntas relacionadas con este ítem son las siguientes:

3.2.4.1. ¿Conocen los ingenieros y operadores las normatividades que aplican respecto al cuidado y responsabilidad con el medio ambiente?

- Sí, se realizan planes ambientales. Además los residuos propios del proceso; como aceites, aguas negras y acido de baterías son llevados a plantas de tratamiento las cuales se comprometen a hacer un correcto uso de estos elementos. Estas emiten certificaciones que garantizan a la empresa que se están cumpliendo con las normas ambientales.

3.2.4.2. ¿Están dimensionados los costos ambientales de la planta?

- Sí, los costos ambientales son evaluados en conjunto con los proyectos, por ejemplo, al realizar la conversión a combustible dual, el costo ambiental jugó un papel importante, ya que para quemar combustible liquido se debían cambiar los quemadores a unos tipo DF42 o difusión de flama con el fin de disminuir emisiones a la atmósfera, los cuales representaron un alto costo para la compañía y una gran ganancia para el medio ambiente.

3.2.4.3. ¿Existen herramientas de seguimiento y control de emisiones contaminantes?

- A las aguas residuales se les hacen seguimiento de PH, conductividad, temperatura y sólidos suspendidos. El control de

emisiones de los gases del exhosto la turbina, son verificado contratando equipos especializado externamente cada año.

3.2.4.4. ¿Funciona adecuadamente la instrumentación relacionada con emisiones contaminantes?

- A los equipos de aguas residuales se le realiza calibración según el software de mantenimiento. Para las pruebas de emisiones se solicita al contratista el certificado actualizado de calibración de los equipos que intervienen en las pruebas.

3.2.4.5. ¿Existen proyectos actuales para reducción de emisiones contaminantes?

- Sí, la planta de agua desmineralizada es uno de ellos, esta reduce las emisiones de NO_x a la atmósfera.

3.2.5. Control Avanzado

El control avanzado de procesos es una de las tareas deseable cuando ya el proceso se encuentra en su punto de operación estable. El control avanzado tiende a ser una tarea riesgosa económicamente, ya que los ahorros de operación de planta en comparación con el costo de desarrollo de un proyecto de estas características no necesariamente cubrirían las expectativas de los gerentes de planta. Aún así es un ítem importante en cuanto mide la capacidad innovativa de la empresa y la capacidad de desarrollo de la ingeniería de planta. Algunas preguntas son las siguientes:

3.2.5.1. ¿Están al tanto los ingenieros de planta de resultados actuales en control avanzado de procesos?

- Sí, el proveedor de la turbina realiza una conferencia anual con la última tecnología desarrollada por los proveedores de los elementos que integran este sistema.

3.2.5.2. ¿Existen proyectos actuales o futuros en control avanzado?

- Sí, en la actualidad el proyecto desarrollado de conversión a combustible dual es “The State of the Art” relacionado con procesos en turbinas de combustión tanto en control como en instrumentación.

3.2.5.3. ¿La formación de los ingenieros de planta incluye tendencias y prácticas en técnicas de control avanzado?

- Sí, el cambio a un nuevo sistema de control (Ovation) trajo consigo capacitaciones técnicas de control avanzados de proceso.

3.2.5.4. ¿Emplea la empresa convenios con universidades o institutos o centros de investigación para evaluar proyectos de control avanzado de procesos?

- No, actualmente la empresa no interactúa con grupo de investigación de universidades.

3.2.5.5. ¿Están afiliados los ingenieros de planta a sociedades profesionales como IEEE o ISA?

- Algunos supervisores de turno, los cuales centran su interés básicamente automatización en turbinas, avances en estas maquinas y sistemas de transmisión de energía.

3.2.6. Administración de Información

La información generada en el piso de planta puede resultar poco legible para otras dependencias de la empresa. La calidad en la administración de la información es la que permite que personal como los vendedores puedan tomar decisiones y negociar de acuerdo a la realidad de la planta. Lograr este nivel de toma de decisiones requiere una cultura organizacional adecuada y herramientas tipo ERP (Enterprise Resource Planning) que funcionen correctamente. Algunas preguntas relacionadas con este ítem son:

3.2.6.1. ¿Están familiarizados los ingenieros de planta con los conceptos ERP, IMS y MES?

- No.

3.2.6.2. ¿Ha evaluado la empresa proyectos de implementación de sistemas ERP?

- No, la gestión de información de la planta no exige la implementación de estos sistemas.

3.2.6.3. ¿Se han hecho implementaciones exitosas de sistemas ERP en la empresa?

- No.

3.2.6.4. ¿Se ha trabajado en la cultura organizacional la necesidad de un sistema de información integrado?

- Sí, pero no se ha llegado a necesitar niveles de gestión de información avanzados.

3.2.7. Seguridad Integrada

La seguridad está tomando un rol importante en las empresas actuales, tanto por la problemática nacional e internacional como por los problemas propios de la empresa a nivel de integridad física de los operadores, seguridad de los sistemas de planta, e integridad de los datos. Algunas preguntas al respecto son:

3.2.7.1. ¿Qué tan arraigado está el tema de seguridad en la empresa?

- Se realizan backups de los diferentes registros que lleva el sistema de control y propios de operaciones y mantenimiento.

3.2.7.2. ¿Existen programas actuales para aumentar la seguridad del sistema a través del sistema de control?

- Sí, las personas relacionadas en el área de operación se están familiarizando con los beneficios que ofrece el nuevo sistema de control en cuanto a seguridad de la información.

3.2.7.3. ¿Existen pruebas sobre el sistema para determinar vulnerabilidad de seguridad en los sistemas de información de la planta?

- Sí, actualmente Emerson Process Management propietario del sistema de control Ovation realiza pruebas del sistema de información y su seguridad de datos de la planta.

4. SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MP2

La amigabilidad y practicidad de MP2 está especialmente diseñada para optimizar la gestión de los activos durante todo su ciclo de vida, lo que resulta en una menor parada de máquinas, buen control de inventario, y disminución de costos de compra para los clientes. MP2 ayuda a los clientes en cada etapa de la gestión de los activos en todo su ciclo de vida.

4.1. Etapa de la gestión de los activos

Compra

Los gerentes usan MP2 para poder acceder rápidamente a los costos históricos, a las características de desempeño y a la información sobre garantías asociadas con algún activo en particular o con un conjunto de activos para decidir su reparación o reemplazo.

Seguimiento

Por medio de la información actualizada de MP2, las empresas comparten sus activos entre los distintos sitios y departamentos, aumentando de esta manera la productividad de los activos.

Gestión

MP2 les permite a las empresas administrar los procesos de mantenimiento, flujo de trabajo colaborativo, reportes y análisis, inventarios, información financiera y presupuestaria, logística y comercio electrónico. Por medio de la red de compras industrial totalmente integrada, las empresas pueden automatizar su cadena de suministros MRO con los sistemas de compras y de inventarios.

Esto se traduce en pesos que hacen la diferencia en las ganancias de la empresa.

Venta

MP2 le proporciona a los usuarios un acceso completo al historial de los activos, ayudándolo a determinar si un activo debe venderse y el valor del mismo en el momento de la venta. Por medio de un socio de subastas online. MP2 ofrece a los usuarios información precisa y actualizada, necesaria para evaluar el costo de un activo y para tomar decisiones que beneficien a la empresa.

4.2. Módulos MP2

Los módulos de MP2 ofrecen a los clientes un sistema contable organizado para la gestión efectiva del ciclo de vida de los activos. Los clientes tienen un rápido acceso al historial del mantenimiento y del inventario como también a un análisis profundo de la confiabilidad del equipo, del uso del inventario y del mantenimiento planificado.

Equipo

Una vez comprados los activos, se realiza el seguimiento de los detalles con el módulo de Equipo de MP2. Además de clasificar la información básica de los activos, este módulo permite a los usuarios listar uno o más medidores para cada pieza del equipo, ingresar los repuestos asociados con los activos, ingresar las ubicaciones de los activos y sub-ubicaciones y crear registros de contratos de servicios para los equipos bajo garantía.

Inventario

El módulo de Inventario de MP2 almacena información extensa y detallada de cada ítem o pieza usada durante el mantenimiento de los equipos. Se

pueden crear registros de inventarios de todas las piezas de mantenimiento de la instalación, crear registros de proveedores para las empresas a las cuales se le compran artículos o servicios y calcular y graficar artículos usados desde un mes a la fecha o desde un año a la fecha. Con este módulo se pueden chequear, ajustar y mover los artículos del inventario y así tener menos dinero inmovilizado en activos sin usar, de manera que las partes necesarias, estén siempre a mano.

Mano de Obra

MP2 ayuda a los clientes a gestionar todos sus activos, incluyendo a los individuos involucrados en el proceso de mantenimiento. Por medio del módulo de Mano de Obra, los administradores ingresan las tarifas, salarios, niveles de aptitud, requisitos de capacitación, capacitación obtenida y certificados de cada empleado. Esta documentación ayuda a las empresas a cumplimentar con las normas ISO 9000, OSHA, Joint Commission, HAZMAT, capacitación de empleados, y requisitos de desarrollo de la fuerza laboral.

Compras

MP2 simplifica las etapas de Compra y de Administración del ciclo de vida de los activos. Permite calcular los costos de las órdenes de compra, generar requisiciones automáticamente y ordenar piezas y suministros por medio del módulo de Compras de MP2.

Reportes y Análisis

Se puede realizar el seguimiento del ciclo de vida de los activos usando el módulo de Reportes y Análisis de MP2. Se pueden seleccionar entre 150 reportes prearmados que incluyen equipo, inventario, mano de obra, compras, programación, mantenimiento estadístico predictivo, tareas, pedido de trabajo y reportes de órdenes de trabajo y también se cuenta con más de 100 combinaciones de gráficos.

Programación

Se pueden programar los días de operación de la instalación, registrar las horas extras de los empleados o las horas perdidas, y registrar el tiempo de parada del equipo con el módulo de Programación de MP2. Este módulo ayuda a las empresas a evitar la falta de recursos y los excesos de uso, eliminando los costos de mano de obra innecesarios y aumentar la rentabilidad.

Seguridad

El módulo de Seguridad se usa para proteger la validez de los datos, los administradores crean cuentas de usuarios, y contraseñas, crean grupos de seguridad y asignan usuarios a los mismos, y limitan el acceso a los distintos niveles: menú, formularios y/o campos. Las medidas de seguridad minimizan las posibilidades de que se alteren/dañen los datos.

Mantenimiento Estadístico Predictivo

El proceso estadístico controla y ayuda a predecir y prevenir fallas en el equipo. MP2 avisa que equipo debe chequearse basándose en excepciones estadísticas y hace el seguimiento de las condiciones de cada tarea de mantenimiento incluyendo las características observables pero no cuantificables (como color, temperatura, limpieza o suciedad del aceite).

Tareas

El módulo de tareas de MP2 permite a los usuarios crear registros de tareas para las operaciones repetitivas de mantenimiento, asignar tareas a una persona específica o a un grupo de usuarios definido e ingresar instrucciones, procesos de seguridad, información de mantenimiento especializada, y procesos de reparación. Por medio de la posibilidad de

imprimir instrucciones de tareas y órdenes de trabajo, MP2 ofrece información integral directamente al personal que la precisa. Este módulo se usa para programar las tareas de mantenimiento preventivo y así evitar fallas en el equipo y aumentar la productividad.

Ordenes de Trabajos

El módulo de ordenes de Trabajo genera las órdenes para gestionar el mantenimiento programado, actualiza rápidamente la mano de obra, las piezas y comentarios, inclusive de órdenes de trabajo múltiples. Luego las cierra y administra las asignaciones de éstas. Este módulo permite a los usuarios hacer el seguimiento de los costos de la mano de obra y gestionar las asignaciones de las órdenes de trabajo fácilmente, logrando reducir los tiempos de parada no programados.

Requisiciones de Trabajos

El módulo de Requisiciones de Trabajo de MP2 permite a los usuarios crear requisiciones en el momento y por registro. Permite rápidamente ingresar los requisitos a medida que se solicitan y luego inmediatamente crear requisiciones de trabajo de esas requisiciones o crear pedidos de equipo relacionados y/o trabajo de mantenimiento relacionados. Permite monitorear el estado de las requisiciones de trabajo, y abrir, cerrar y actualizarlas si fuese necesario. La gestión de los activos en todo su ciclo de vida puede aún resultar más fácil por medio de los "add ons" al software de MP2: MP2 WebLink, MP2 Messenger, y Pocket MP2. Se pueden ingresar las requisiciones de compra y de trabajo usando un browser web standard, enviar mensajes instantáneos por email cuando cambia el status de una orden de trabajo o de compra, mejorar el tiempo de respuesta de emergencia para las reparaciones y almacenar o ingresar datos del campo por medio de un hand held.

5. SISTEMA DE CONTROL

En la figura 6 se muestra un diagrama general del sistema de supervisión Ovation. En este aparecen los elementos que intervienen en el control de la planta, como son: interfaz hombre-maquina, controladores (PLCs), sensores, transmisores y actuadores.

The **Ovation**® Expert System
The world's most powerful technology for secure operations and best-in-class performance.

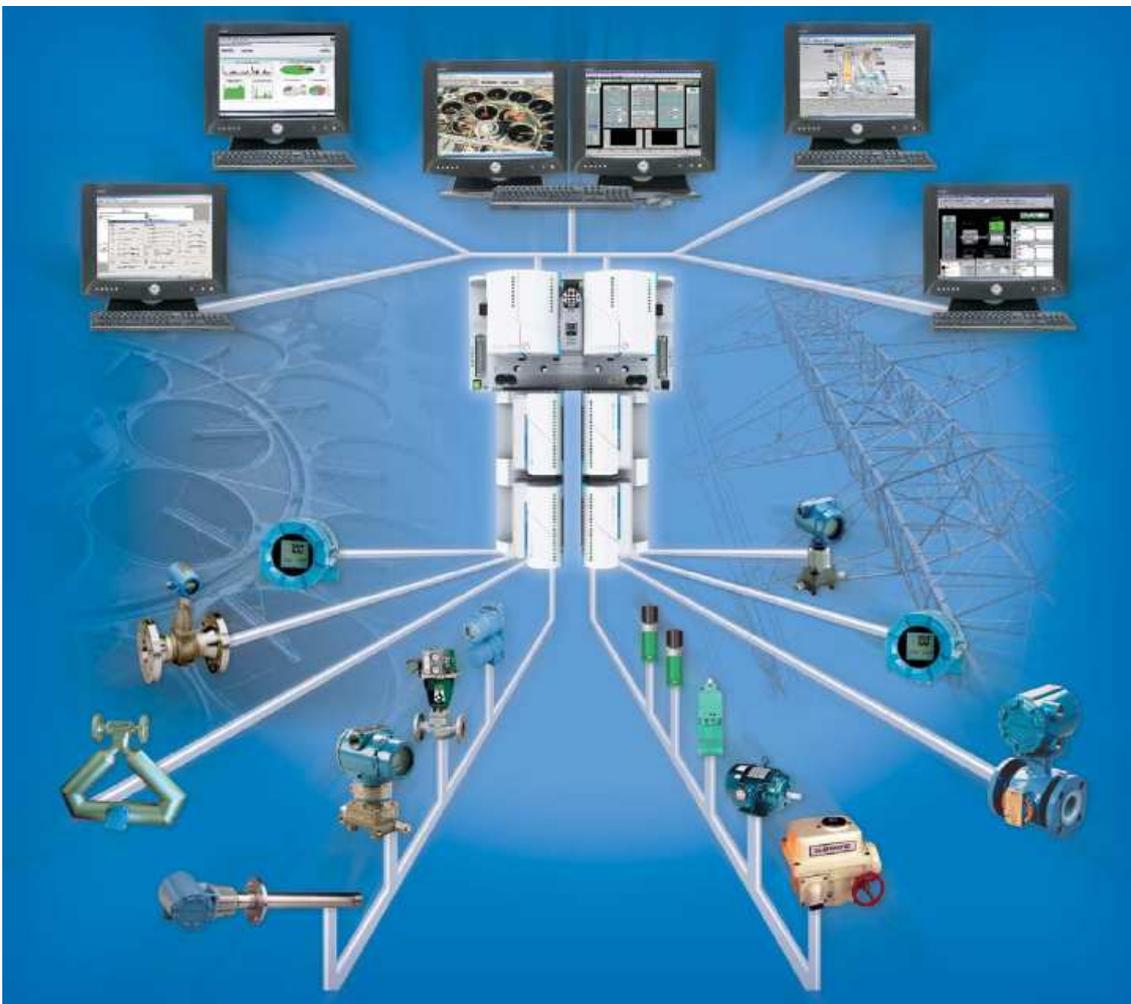


Figura 6. Diagrama de los elementos de instrumentación utilizados en el sistema de control Ovation

El sistema de control Ovation ha sido diseñado específicamente para aplicaciones en el sector del agua y de la generación eléctrica, con el fin de ayudarle a lograr la excelencia en sus operaciones. Las técnicas de diseño de

control probadas en el terreno de Ovation proporcionan un control más preciso y ajustado, al tiempo que los avanzados algoritmos y el software de optimización de procesos mejoran y equilibran aún más sus operaciones. Desde la monitorización y control básicos hasta la integración de toda la flota o la región, Ovation proporciona una comunicación perfecta con redes Fieldbus, dispositivos de campo inteligentes y soluciones de gestión de activos integradas para dotar de la potencia de la inteligencia predictiva al personal de operaciones y de gestión.

5.1. Control experto e información

El Sistema Ovation está equipado con módulos de entrada/ salida con fines específicos para gestionar los requisitos de control exclusivos asociados al control de la turbina de vapor, de gas y de la turbina de la bomba de alimentación de la caldera. Entre ellos se incluyen: módulo detector de velocidad, módulo posicionador de válvula, módulo de comando de accionamiento, Fieldbus Foundation™, Profibus DP-V2 y SOE (secuenciador de eventos) con resolución entre canales de 0,125 ms y detección de rotura de cable. En la figura 7 se observa las herramientas ofrecidas el software de control.

Ciclos breves de lazos de control para aplicaciones críticas: el controlador Ovation, con su procesador Intel, puede ejecutar simultáneamente hasta cinco tareas de control de procesos a velocidades de lazo de entre 10 milisegundos y 30 segundos.

Red de integración de sistemas en toda la central: la red Ovation, con una capacidad de 200.000 puntos, es una red de comunicaciones robusta, tolerante a fallos, de 100 Mbps, que se ha diseñado para las aplicaciones de control de procesos esenciales.

Arquitectura de varias redes: la arquitectura Ovation permite al personal de la sala de control central monitorizar y controlar varias unidades como si se

encontrasen en una consola de unidades única. También simplifica la recopilación y la correlación de los datos históricos de todas las unidades.

Prevención de una situación anómala: con una potente tecnología, aplicaciones específicas del sector incorporadas, software de optimización de activos integrado y un diseño evolutivo, Ovation pone a su disposición la potencia de la inteligencia predictiva. Los componentes clave del sistema Ovation incluyen:

✓ Gestión de alarmas de Ovation:

Ovation ofrece una estrategia de gestión de alarmas a través de la estación de trabajo del operador Ovation, la cual detecta y muestra las situaciones anómalas de la central, por ejemplo, Niveles fuera de las especificaciones, cambios del estado digital e intervalos de desconexión. Con diversos tipos de pantallas de alarma totalmente configurables y fáciles de utilizar, el sistema Ovation proporciona un acceso práctico a alarmas, datos y cambios de estado anteriores.

✓ Avisos PlantWeb de Ovation:

La estación de trabajo del operador de Ovation informa de las alarmas relacionadas con cuestiones de rendimiento de los dispositivos de campo. Los avisos de PlantWeb incluyen avisos informativos para facilitar la planificación de las tareas de mantenimiento, avisos de mantenimiento para indicar cuándo éste es necesario y avisos de averías para indicar que ha fallado algún dispositivo. Con los avisos de PlantWeb, los operadores de la central pueden actuar ante cualquier incidencia que pudiera tener algún efecto negativo en la central.

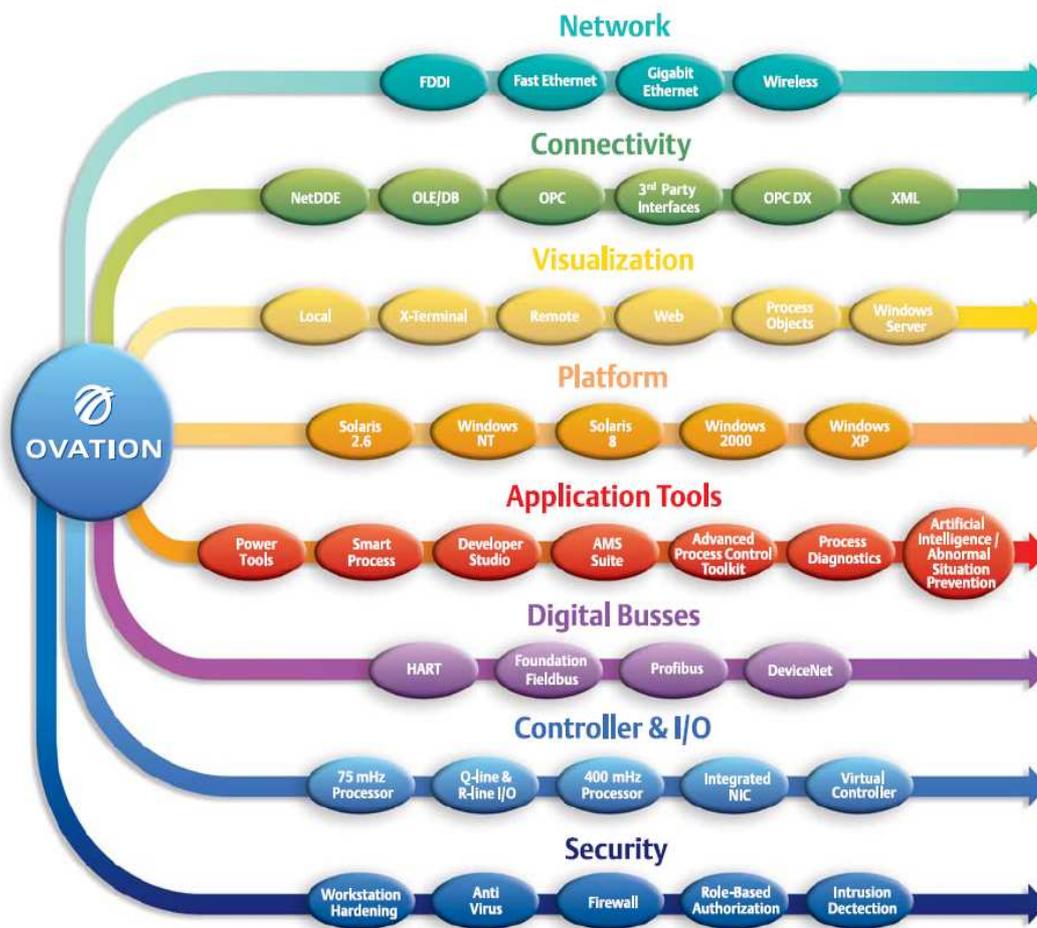


Figura 7. Diagrama general del sistema Ovation

5.2. Modbus RTU y TCP abierto

La perfecta comunicación entre Ovation y equipos de terceros a través de un enlace Modbus permite la transferencia de valores y marcas de tiempo. Los controladores Ovation son normalmente redundantes, por eso se pueden utilizar como una plataforma de enlace de datos para proporcionar respaldo automático completo y sin interrupciones a un controlador de respaldo en caso de una avería en el sistema. La plataforma de enlace de datos del controlador Ovation es compatible con un programa preferente de varias tareas que utiliza hasta 2.000 puntos de software por dispositivo virtual PCI.

5.3. Fieldbus Foundation

La solución Ovation para la conexión con Fieldbus Foundation proporciona un mecanismo para la comunicación de información de campo al sistema Ovation que sirve para obtener un diagnóstico mejor y un mantenimiento predictivo. El software de configuración Fieldbus incorporado en Ovation Developer Studio permite la descarga transparente y automática de estrategias de control a todos los Dispositivos en un segmento Fieldbus.



Figura 8. Diagrama de interfaz hombre-maquina, controlador, sensores y actuador

5.4. DeviceNet

La interfaz DeviceNet de Ovation se conecta al controlador Ovation a través de conectividad Ethernet para pasar datos del proceso. Se puede configurar con este enlace y la red Ovation mediante la estación de trabajo de Ovation.

5.5. Profibus DP-V2

La interfaz PROFIBUS DP de Ovation utiliza una tecnología de transmisión RS485 estándar y cableado para la transmisión de datos. Se utiliza en áreas en las que se requiere una instalación sencilla, económica y que permita transmisión a alta velocidad.

5.6. Comunicación con dispositivos de terceros

Para conectarse a dispositivos de control existentes de otros fabricantes, Emerson utiliza enlaces de datos basados en OPC para intercambiar un flujo de información entre dispositivos como controladores lógicos programables (PLC), analizadores y sensores especiales y el sistema Ovation.

La plataforma de enlace de datos depende de los requisitos del cliente y puede ser uno de los tres componentes siguientes: una estación de trabajo Ovation, un módulo de entrada/salida del controlador de enlace Ovation o un controlador Ovation. Cada plataforma proporciona funciones. Las necesidades del cliente cambian constantemente, por eso, Emerson puede desarrollar enlaces de datos personalizados para los sistemas Ovation.

6. PROBLEMÁTICAS Y POSIBLES SOLUCIONES A NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN

Termocandelaria actualmente cuenta con un DCS (Ovation) el cual es una plataforma potente de tecnología de punta para el control de turbinas. Este sistema de control proporciona herramientas nuevas de administración de datos. En la figura 9 se muestra el nivel de automatización de Termocandelaria.

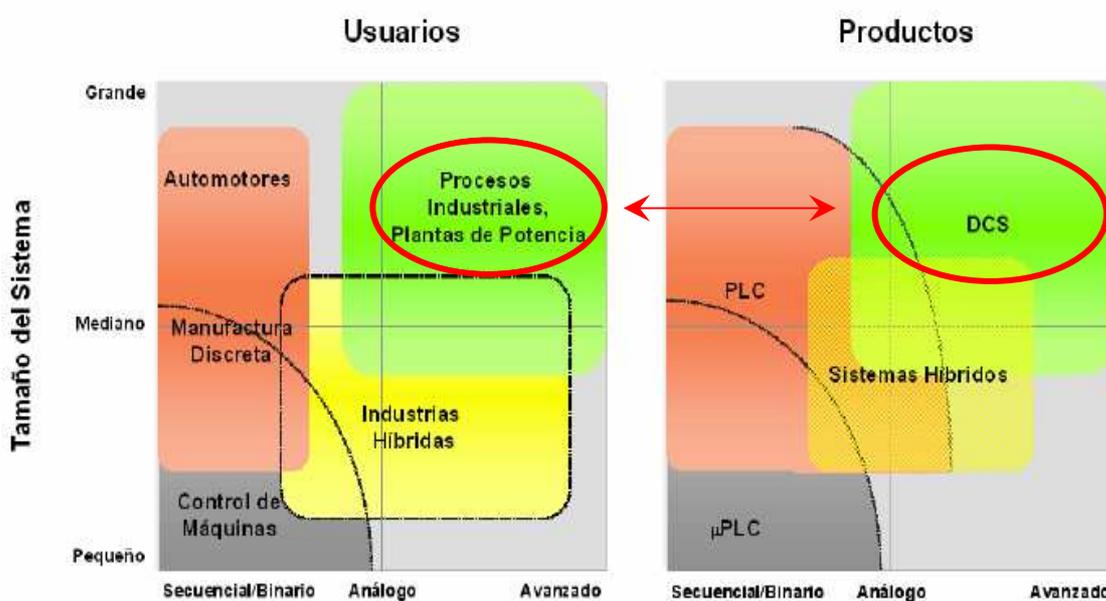


Figura 9. Nivel de automatización de Termocandelaria

De acuerdo con los resultados obtenidos en cuanto a la automatización de la planta podríamos decir que es “The State of the Art” en lo relacionado a turbinas de combustión, ya que implementa lo más reciente en tecnología. Analizando la cadena de la automatización podemos encontrar a Termocandelaria en el tercer peldaño de esta, por debajo de los sistemas ERP y MES.

El sistema MES no aplica en el estudio que se realiza en este documento debido a que está más relacionado con los procesos de manufactura, mientras que una “deficiencia” del sistema organizacional sería la falta de un sistema ERP.

El sistema ERP no ha sido implementado ya que el proceso que realiza la empresa es relativamente fácil, es decir, no es un proceso estrictamente continuo en el cual el estado de todas las divisiones de la compañía deban trabajar de una manera conjunta en tiempo real. Este es el caso puntual de Termocandelaria. En la grafica 11 se observa el nivel de automatización de Termocandelaria.

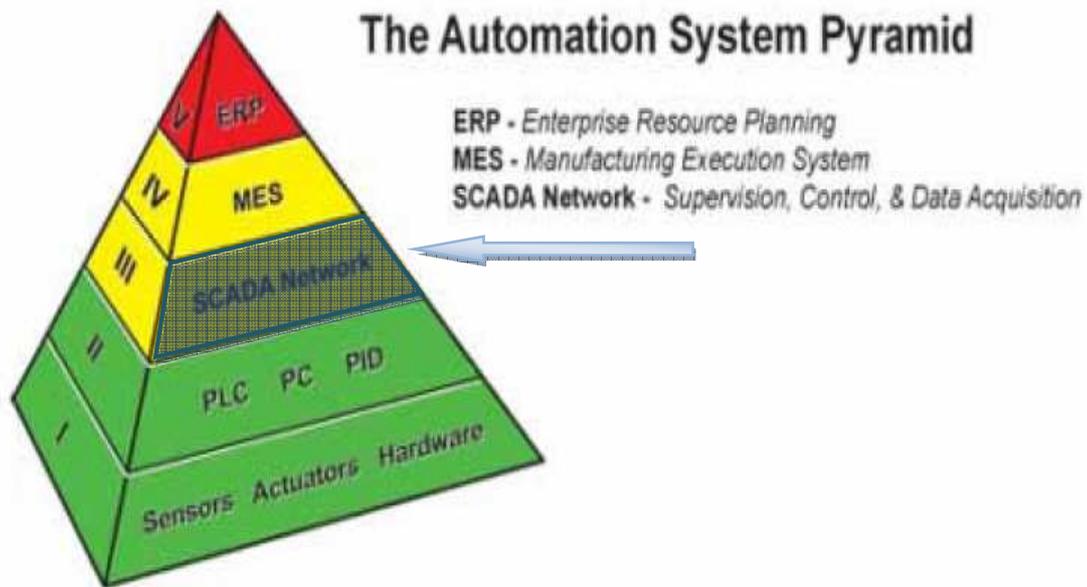


Figura 11. Ubicación de la planta en la pirámide de automatización

En la práctica plantas similares térmicas si necesitan un sistema de información conjunta debido a que la división administrativa de la compañía no se encuentra en el sitio, es decir no están en planta. Las plantas la maneja la parte operativa y la división administrativa queda reducida a un número significativo de personas, en algunos casos una sola persona es suficiente.

Respecto a la parte operativa y mantenimiento de la planta vemos que existe un programa de mantenimiento que facilita el trabajo de las personas ligadas a esta división, además que brinda confiabilidad en los sistemas.

Un aspecto a mejorar en la empresa es la vinculación a asociaciones IEEE o ISA, así como también la familiarizaron con conceptos nuevos de control como los sistemas IMS, MES y ERP.

7. CONCLUSIONES

La actualización de la planta debido a las nuevas resoluciones de la CREG acerca de la capacidad real de respaldo de las térmicas, trajo consigo la integración de nuevos sistemas como la planta de tratamiento de combustible, la planta de tratamiento de agua y cambios en los sistemas de combustión, esto llevó a necesitar un sistema de control de tecnología de punta capaz de integrar todos los sistemas y que permitiera soluciones escalables a largo plazo como el ciclo combinado. Termocandelaria en estos momentos es una planta pionera en cuanto a la tecnología de combustión, procesos de tratamiento de agua y combustible en la costa. Se puede decir que la empresa no necesita actualizaciones a corto plazo en cuanto a automatización.

Las herramientas de mantenimiento dan confiabilidad a la operación de la planta y gracias a este, la empresa cuenta con un sistema integrado para el mantenimiento y operación de los diferentes dispositivos que intervienen en el proceso.

La implementación de un sistema ERP no se considera un objetivo a corto plazo de la compañía.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ovation control system brochure. www.emersonprocessmanagement.com
- MP2 Brochure. www.datastream.com