

Implementación del Sistema de Gestión y Control de Combustibles (SICOMB) para el Sector Eléctrico

C.A. Del Hierro

R.G. Sánchez

Centro Nacional de Control de Energía – CENACE

Resumen— El propósito de este artículo es exponer la implementación del Sistema de Gestión y Control de Combustibles haciendo referencia a cada uno de sus componentes:

- a) Sistemas de medición de combustible en las centrales Termoeléctricas.
- b) Arquitectura implementada del sistema.
- c) Sistema de información de combustibles SICOMB.

Se realizará una breve descripción de cada componente del sistema y la experiencia adquirida en la implementación de las centrales: Santa Elena II, Santa Elena III, Quevedo II, Jaramijó y Jivino III.

- a) En cada uno de los componentes del sistema se resaltarán las siguientes particularidades:
- b) Referente a los sistemas de medición implementados en las centrales mencionadas, se hará énfasis a las observaciones del equipamiento mecánico y electrónico que son una parte fundamental para la adquisición de datos.
- c) Referente a la arquitectura, se describirá brevemente la plataforma utilizada así como la virtualización de hosts para procesar los servicios del SICOMB y la creación de un ambiente de prueba para el desarrollo de aplicaciones web para el sistema.
- d) Referente al sistema de información implementado, se analizará los reportes publicados en el portal web enfatizando la utilidad de esta información para el control del uso del combustible en generación termoeléctrica.

Palabras clave— Sistemas de Medición de Combustible, Control de Procesos, Sistemas SCADA, Cuasi Tiempo Real, Portales Web.

1. INTRODUCCIÓN

CENACE se encuentra coordinando la implementación de “Sistema de Gestión y control de combustibles” en las empresas de generación termoeléctrica.

Los objetivos primordiales de este proyecto son:

- Obtener tele medición del combustible entregado, almacenado y consumido en las empresas Termoeléctricas del Ecuador.
- Facilitar las tareas de planeamiento energético para la gestión de combustible, manteniendo actualizado el inventario de combustible.
- Auditar los valores de rendimiento declarado por unidad de generación térmica con valores medidos en cuasi tiempo real para toma de decisiones en lo referente al despacho económico y otros procesos afines.

El CENACE al momento cuenta con la información de combustible de las centrales: Santa Elena II, Santa Elena III, Quevedo II, Jaramijó y Jivino III. Esta información está publicada en la web mediante el sistema de información del SICOMB.

2. IMPLEMENTACIÓN SISTEMAS LOCALES DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE EN LAS CENTRALES TERMOELECTRICAS

Para la implementación de los sistemas de medición locales en las centrales termoeléctricas, CENACE elaboró un documento de especificaciones generales para la implementación de sistemas de medición de combustible basados en las recomendaciones de las normas internacionales API MPMS y OILM [1] [2] [3].



Figura 1: Sistema medición implementado para medición de combustible en tuberías

Las empresas de generación térmica que estaban en proceso de diseño y construcción durante los años 2011 y 2012 mantuvieron varias reuniones con CENACE para definir los puntos de medición y estrategias que permitieron la ejecución de este proyecto.

Una vez que se lograron los diseños conceptuales finales y la implementación de los sistemas de medición de combustible, se procedió a realizar las correspondientes pruebas para constatar que la información transmitida refleja la realidad del proceso de manejo de combustible en campo y es válida para cumplir los objetivos del Proyecto “Gestión y Control de combustible”.



Figura 2: Sistema medición implementado para medición de combustible en Tanques

Al ser las centrales Santa Elena II, Santa Elena III, Quevedo II, Jaramijó, Jivino III y Termogas Machala distintas en sus variables de proceso, y en cada uno de los puntos de medición, las pruebas e implementación del sistema de información presento distintos retos, y dejo enseñanzas y oportunidades de mejora que se presenta a continuación.

2.1. Retos en la Implementación de los sistemas de Medición Locales

2.1.1. El costo de los equipos y construcción de los sistemas de medición no estaba considerado en el presupuesto

Gracias a los acuerdos a los que se llegó entre los administradores de contrato y el contratista se logró la implementación de los sistemas de medición con ingeniería local para disminuir los costos.

2.1.2. Capacitación y manejo de la normativa internacional para medición de combustibles

CENACE durante la elaboración de ingeniería básica para las empresas de generación térmica que operan en el S.N.I. hasta el año 2011 capacitó al personal operativo involucrado en proyecto “SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR ELECTRICO”, además adquirió las normas internacionales API MPMS para estar en capacidad de afrontar este reto.

CENACE con su equipo de trabajo participo activamente en el desarrollo de los diseños buscando el cumplimiento de las recomendaciones indicadas en la normativa internacional.

2.1.3. Transmisión de variables del proceso de combustible a través de protocolos de comunicación eléctricos

Por ser los valores de totalizadores de volumen y masa cantidades que superan fácilmente valores de 65 536 (16 bits) se requirió implementar en software la transmisión de las variables para mantener la fidelidad de dato de hasta 32 bits.

Además, fue necesaria la coordinación con distintos proveedores para lograr la integración de la información de varios sub sistemas con diferentes protocolos de comunicación y poderlos concentrar y enviar al CENACE.

2.1.4. Realización de Pruebas

Para realización de estas pruebas se requirió la coordinación con el agente y el contratista. El problema se debía a que a la vez existían varios proveedores de servicios y subcontratista en las siguientes áreas:

- Servicios de montaje e ingeniería mecánica.
- Proveedores de instrumentación y control.
- Integradores SCADA.
- Servicios de calibración de tanques y sistemas de medición dinámicos.
- Proveedores de combustible.
- Operadores de la central de generación.



Figura 3: Personal que participó en la ejecución de pruebas en la Central Santa Elena III

2.2. Oportunidades de Mejora

Durante la realización de pruebas se logró determinar oportunidades de mejora en la transmisión de información de combustible:

- Aplicar conceptos de mecánica de fluidos en los diseños de construcción de los sistemas de medición dinámicos para mantener empaquetada la línea de combustible luego de realizar una transferencia, es decir la especialización de personal en diseño de sistemas de medición dinámicos de combustible.
- Capacitación al personal encargado del aforo en tanques de combustible para el cálculo de volumen netos.
- Mejorar los procesos y las tecnologías usadas en los sistemas de calibración de sistemas de medición dinámicos, refiérase a la Figura 4.
- Comprobar la compatibilidad del equipo Unidad Terminal Remota o Gateway de comunicación con el CENACE.
- Comprobar que la unidad terminal remota o Gateway permita la transmisión de datos de totalizadores de volumen en formato de 32 bits.



Figura 4: Probador Volumétrico para calibración de sistemas de medición dinámicos

3. ARQUITECTURA IMPLEMENTADA EN EL SISTEMA SICOMB

3.1. Topología global del sistema SICOMB

El sistema Energy Management System -EMS del CENACE tiene entre otras funciones, la misión de recolectar los datos provenientes de los diferentes entes pertenecientes al Sistema Eléctrico de Potencia -SEP del país, dentro de ellos se encuentran las centrales termoeléctricas, que son motivo de interés del artículo.

Como se aprecia en la Figura 5, SICOMB aprovecha la infraestructura y los canales establecidos para el Sistema EMS, y a través de la misma infraestructura adquiere las señales referentes a los sistemas de combustibles de las centrales termoeléctricas.

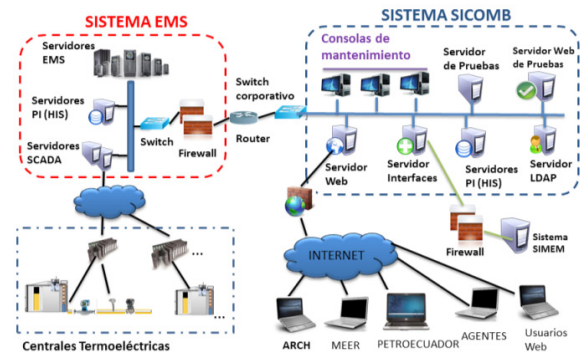


Figura 5: Topología global del sistema SICOMB

En la topología se aprecia: la arquitectura de los sistemas de medición de combustibles en las centrales termoeléctricas, la arquitectura del sistema EMS y la arquitectura del sistema SICOMB. Motivo de interés para este artículo es la arquitectura de medición de combustible implementada en campo, y la arquitectura del sistema SICOMB propiamente dicho.

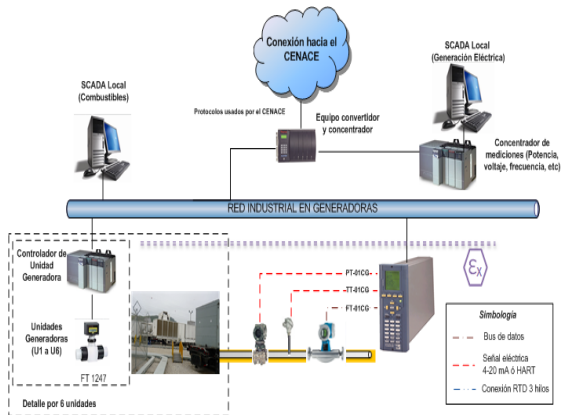
3.1.1. Arquitectura de los sistemas de medición de combustible implementadas en campo

Sistema de medición dinámico

Los sistemas de medición implementados en campo siguen las recomendaciones de la normativa internacional API MPMS capítulo 5, los cuales utilizan como elemento primario de medición de flujo un equipo Coriolis acompañado de todo el equipamiento mecánico y electrónico para transmitir toda la información necesaria para que un computador de flujo certificado calcule el volumen de combustible a condiciones estándar (60 °F y 0 psig).



a) Sistema de medición dinámico y computador de flujo



b) Esquema de conexiones de un sistema dinámico

Figura 6: Sistema de medición dinámico

Sistema de medición estático

Los sistemas de medición automática de volumen en tanques a condiciones estándar, siguen las recomendaciones de la norma internacional API MPMS 3.1 B, su elemento primario de medición de nivel es un radar de onda abierta acompañado de una sonda multipunto de temperatura y un sensor de agua libre a fondo de tanque. La información de estos elementos es enviado a un concentrador de datos el cual realiza el cálculo de volumen de combustible a condiciones estándar almacenado.

Los equipos concentradores de información de tanques y los computadores de flujo para medición de flujo y volumen en tuberías mediante protocolos de comunicación permiten la integración con la unidad terminal remota de adquisición de datos del equipo primario del sistema eléctrico de potencia. Este equipo se permite establece el enlace entre planta de generación eléctrica y el centro de control de CENACE.

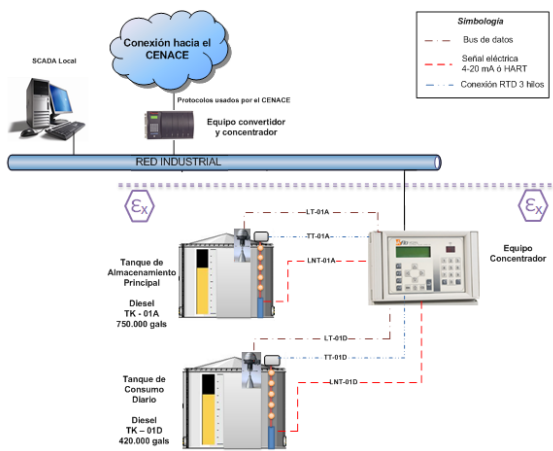


Figura 7: Esquema de conexiones de un sistema de medición estático en tanques

3.1.2. Arquitectura del Sistema SICOMB

Dentro de la infraestructura del sistema EMS, los servidores SCADA y PI participan de manera directa con el sistema SICOMB, estos servidores se encargan de la recolección de datos de campo y el almacenamiento de los datos históricos de las variables de campo.

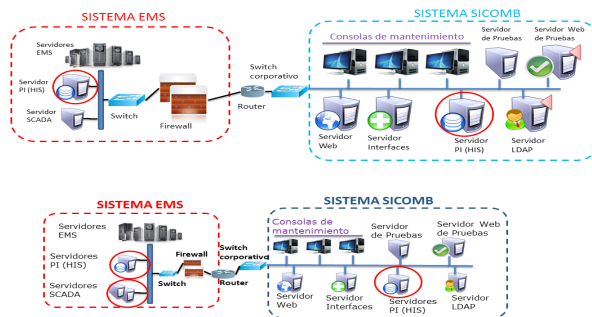


Figura 8: Sistema EMS y SICOMB

Los servidores PI denominados como “historiadores” son el vínculo entre los sistemas EMS y SICOMB, dichos servidores se encargan de recibir, archivar y distribuir los datos en tiempo real de manera eficiente a las diferentes aplicaciones existentes tanto en el EMS como el SICOMB.



Figura 9: Detalle del Sistema SICOMB

Como lo indica la Figura 9, el sistema SICOMB está conformado por:

Consolas de mantenimiento: Permiten realizar la implementación de aplicaciones, la administración, y mantenimiento del sistema.

Servidor Web: permite la publicación del portal Web del sistema SICOMB.

Servidor Web de pruebas: permite realizar pruebas de funcionamiento, configuraciones y/o trabajos de desarrollo.

Servidor de interfaces: Permite la conexión del Sistema SICOMB con otras fuentes de información.

1 Plant Information, servidores desarrollados por la empresa OSIsoft.

Servidor PI: Se conecta al servidor PI del Sistema EMS y extrae del servidor PI del EMS los datos históricos de las señales de campo de interés.

Servidor LDAP: El servidor Lightweight Directory Access Protocol, provee el servicio de directorio de usuarios para la autenticación al sitio web del SICOMB del personal externo al CENACE.

Servidor de pruebas: Permite realizar la virtualización de servidores pertenecientes al SICOMB, con motivos de prueba, o implementaciones riesgosas.

3.1.3. Virtualización de servidores en el sistema SICOMB

Durante la implementación del sistema SICOMB, se observó la necesidad de virtualizar los servidores LDAP y el servidor Web de Pruebas, para la implementación de dicha virtualización se usó el software “VMware Player”.

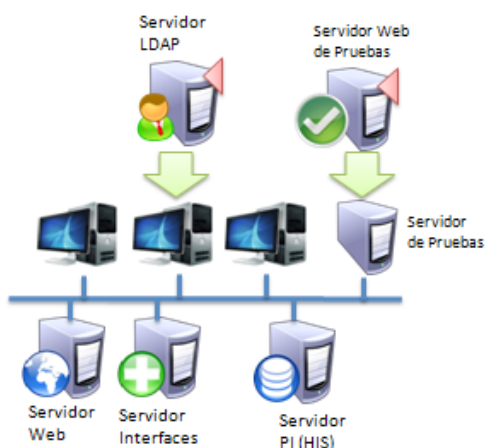


Figura 10: Detalle de la virtualización implementada en el SICOMB

En la Figura 10 se observa la virtualización del servidor LDAP, este se realizó en una de las consolas de mantenimiento debido a los requerimientos mínimos de hardware que requería el servidor LDAP. Para el caso de la virtualización del servidor Web de Pruebas fue necesario realizarlo en un equipo con mayores capacidades de hardware, debido al alto consumo de memoria RAM que requería dicho servidor.

El beneficio principal de la virtualización en el sistema SICOMB fue la creación de un ambiente de pruebas de desarrollo sin que afecte al sistema principal.

4. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE COMBUSTIBLES SICOMB

4.1. Descripción del portal Web

El portal web del SICOMB es el rostro del sistema, este permite el acceso a través de la web a información relevante de las centrales termoeléctricas que ya han implementado los sistemas de medición de combustible en campo.

Hasta septiembre del 2012, las centrales implementadas en el portal web son: Santa Elena II y III, Quevedo II, Jaramijó, Jivino III y Termogas Machala.



Figura 11: Termoeléctricas implementadas en el SICOMB

La implementación del sistema de información requirió por parte del personal de CENACE, la capacitación e investigación en los ámbitos de: diseño web, administración y manejo del portal Sharepoint², uso de herramientas y aplicaciones de PI, y la aplicación de normativa de control y estadística de procesos [4].

4.1.1. Página de inicio

En la página de inicio (<http://sicomb.CENACE.org.ec>) se puede observar información referente al avance que han tenido las centrales termoeléctricas en cuanto a la implementación de los sistemas de medición de combustibles, así como las actividades que desarrolla el personal del SICOMB.

4.1.2. Geoportal del Sistema SICOMB

El geoportal del SICOMB, permite visualizar la ubicación geográfica de las centrales implementadas y un breve resumen de la información relativa a cada central:

² Microsoft Sharepoint, Plataforma de colaboración empresarial que permite la integración de tecnologías de la información.



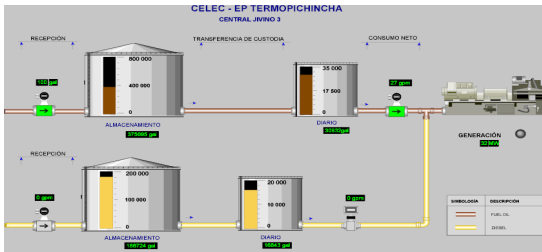
Figura 12: Geoportal del SICOMB

4.1.3. Subsitios web por central

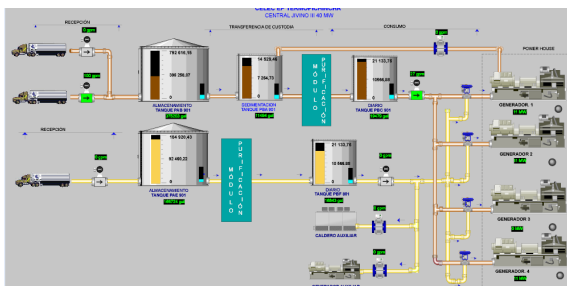
Cada central termoeléctrica tiene un subsitio destinado al momento a la publicación de la siguiente información:

- Diagramas del proceso de combustible con información en tiempo real

Como se aprecia en la Figura 13 estos diagramas ponen a disposición del usuario, información en cuasi tiempo real del proceso de combustibles de la central y su generación correspondiente.



a) Diagrama General del proceso de combustible



b) Diagrama de detalle del proceso de combustible

Figura 13: Diagramas de proceso de la central Jivino III con información en cuasi tiempo real

Adicionalmente, el usuario puede volver a recrear el proceso en cualquier fecha de interés, esto gracias a que los datos del proceso son constantemente almacenados en los servidores historiadores.

- Reportes

Los reportes al momento implementados en el SICOMB, tiene la finalidad de realizar un análisis de los datos recolectados y almacenados en los históricos. Estos análisis implican:

- Consumo de combustible de la central.
- Rendimiento de las unidades generadoras.
- Balance entre la recepción, almacenamiento y consumo de la central.

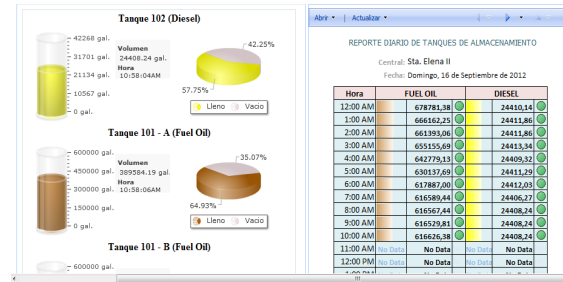


Figura 14: Ejemplo, reporte de almacenamiento de una central termoeléctrica

4.2. Aplicación de la información en el sector eléctrico

Puesto que esta fase el proyecto todavía esta en implementación, de manera general se identifican dos formas de aplicación de la información: en cuasi tiempo real y en reportes estadísticos:

Aplicación en cuasi tiempo real

Mediante la información en cuasi tiempo real se puede realizar la supervisión del proceso de combustible, y conforme se vaya implementando los sistemas de medición en las centrales termoeléctricas se puede llegar a obtener el stock y consumo total de combustibles del país en cuasi tiempo real.

Además el SICOMB puede definir un sistema de alarmas que puede ayudar a detectar:

1. Niveles bajos de combustible en la central
2. Cambios drásticos de densidad en el combustible
3. Problemas de medición
4. Desbalance entre lo recibido, almacenado y consumido, entre otros.

Estas alarmas pueden ser enviadas vía mail al personal del CENACE, como a personal de la central termoeléctrica donde se ocasione un incidente.

Aplicación en reportes estadísticos:

En el caso de reportes estadísticos, para una mejor distribución se los clasificó en: Reportes generales y de detalle.

Los reportes generales tienen una visión administrativa o gerencial de los datos de combustible dentro de una planta termoeléctrica, mientras que los reportes de detalle servirán eventualmente a la parte operativa de la central termoeléctrica. Actualmente se han cubierto los siguientes temas:

4.2.1. Stock de combustibles

La información referente al stock total de combustible por tipo de combustible de cada central permitirá al personal de bodega de la central mantener un control adecuado de provisión de combustible, y en el caso de CENACE esta información será útil para los procesos de Planeamiento y coordinación de provisión de combustible con EP Petroecuador.

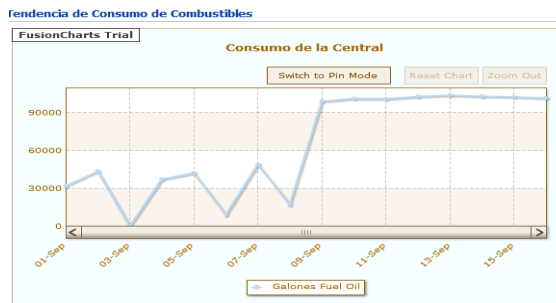


Figura 15: Tendencia de consumo de combustible de la central Santa Elena II

4.2.2. Rendimiento de la central de generación

A través de los datos: la energía producida y el consumo de combustible de la central, se puede obtener el rendimiento medido de las unidades de generación. El rendimiento de la central es uno de los parámetros de los costos variables declarados por el agente de generación. Así pues este reporte permite observar el comportamiento de la planta y los puntos óptimos de operación donde se puede obtener el mayor rendimiento.

Esta información es útil para los procesos de despacho económico y además el tener la oportunidad de mantener un registro histórico de esta variable permitirá al agente tener una herramienta más para elaborar un plan de mantenimiento, pues de esta manera al notar que el rendimiento comienza a reducirse dará noción de que algún problema está ocurriendo en las unidades de generación.

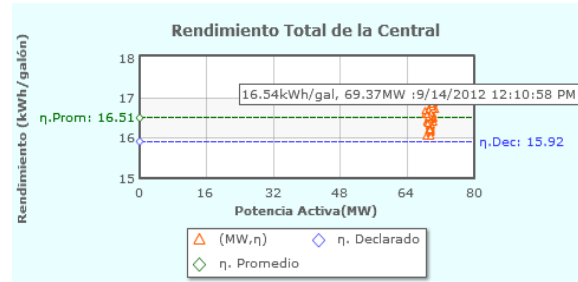


Figura 16: Rendimiento medido de la central Santa Elena II

La Figura 16 muestra el rendimiento de la central Santa Elena II, en ella se aprecia que la central genera cerca de 70 MW con un rendimiento de 16.54 kWh por galón de combustible.

4.2.3. Conciliación de los volúmenes de combustible

La aplicación de la norma API SDT 2560, permite elaborar un reporte denominado dentro de la misma norma como “Ecuación Perdida Ganancia”, este reporte busca la conciliación del movimiento de combustible en el proceso de transporte, almacenamiento y consumo de combustible. En la Figura 17 se aprecia la reconciliación realizada día a día, los puntos que salen de los límites de control determinados por la estadística, afirman que existió un problema en el proceso y que requieren del análisis por parte de la central termoeléctrica.

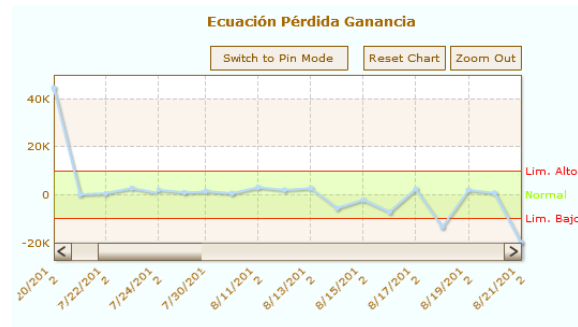


Figura 17: Ecuación Pérdida Ganancia de la central Santa Elena II

Varios

Por otra parte al realizarse una transferencia de combustible el aumento o decrecimiento de volumen en los tanques de combustible, teóricamente establece una rampa con pendiente igual al caudal que maneja la bomba de transferencia en estado estable, si se analizan las graficas de volumen en tanques durante la transferencia de combustible se podría determinar si existe desviación con la pendiente teórica y en consecuencia poder

determinar inconvenientes en el proceso, así por ejemplo: una fisura en el tanque o tubería, desgaste o mala operación de las bombas de transferencia.

4.2.4. Observaciones finales

Al momento se están desarrollando nuevos reportes en beneficio del sector eléctrico y se están estableciendo reuniones internas dentro del CENACE con el objetivo de utilizar esta información en los procesos diarios del CENACE.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Un correcto diseño e implementación de sistemas automáticos de medición de combustibles requiere un alto nivel de especialidad en mecánica de fluido, elementos electrónicos primarios y conocimiento de las recomendaciones de la normativa internacional, que de no ser observados con atención ocasionan problemas en las mediciones, problemas como ruido en las señales transmitidas o una alta incertidumbre en la medición.

Para dar solución a problemas en la medición se realizaron calibraciones adicionales y aplicación de filtros digitales tanto en campo como en el sistema de CENACE para que la información transmitida sea útil en los procesos de CENACE.

La información actual en el sistema representa grandes oportunidades de mejora para los procesos a niveles administrativos, de planeamiento, operativos y de mantenimiento.

El proceso de manejo de combustibles es muy susceptible a las perturbaciones por lo que requiere un seguimiento continuo de los sistemas de medición tanto en campo como en el sistema.

El sistema SICOMB es una poderosa herramienta que permitirá la mejor toma de decisiones en las distintas actividades (planificación, dirección, organización y control) del combustible utilizado para generación y además permitirá una mejor relación de información con las entidades a fines permitiendo una mejor planificación estratégica en beneficio del país.

5.2. Recomendaciones

Mantener un adecuado seguimiento sobre los sistemas de medición tanto en campo como en el sistema informático.

Crear una unidad de especialistas que incluya un ingeniero mecánico para mantenimiento del sistema SICOMB, de manera que se pueda en conjunto con los agentes de generación termoeléctrica establecer las mejores condiciones para la medición de combustibles dentro del proceso particular de cada central.

Se deberán buscar las estrategias necesarias para lograr la transmisión de información de combustibles al centro de control de CENACE en aquellos agentes que hasta la presente fecha no han implementado los sistemas de medición locales.

AGRADECIMIENTOS

Al CENACE y a sus autoridades, por el apoyo y confianza que brinda al desarrollo de proyecto sistema “Gestión y Control de combustibles para el Sector Eléctrico”.

A las empresas termoeléctricas que han implementado los sistemas de medición de combustibles y se han integrado al SICOMB, por su colaboración y brindar las facilidades necesarias.

A nuestros compañeros de la DSI que gracias a su ayuda fueron parte de la solución de los retos que se presentaron durante la realización de las pruebas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] American Petroleum Institute (API), Manual of Petroleum Management Standard (MPMS), Ch. 1 Vocabulary, 2nd edition, year 1994.
- [2] American Petroleum Institute (API), Manual of Petroleum Management Standard (MPMS), Ch. 2.2A, Measurement and Calibration of Upright Cylindrical Tanks by the Manual Strapping Method, 1st edition, year 1995, reaffirmed 3/2002.
- [3] American Petroleum Institute (API), Manual of Petroleum Management Standard (MPMS), Ch. 3.1B, Standard Practice for Level Measurement of Liquid Hydrocarbons in Stationary Tanks by Automatic Tank Gauging, 2nd edition, year 2001.
- [4] American Petroleum Institute (API), , standard 2560, Reconciliation of Liquid Pipeline Quantities, first edition, year 2003.



Carlos Arturo del Hierro.- Nació en Quito, Ecuador en 1978. Recibió su título de Ingeniero Electrónico con especialidad en Automatización y Control de la Escuela Politécnica del Ejército en 2001. Como experiencia profesional ha desarrollado actividades en el campo de la industria de fabricación de sanitarios, pastas alimenticias, sistemas de seguridad y control vehicular. Al momento, es parte de la Dirección de Sistemas de Información del CENACE en el área de Sistema Remoto y también participando en las actividades relacionadas con el Proyecto de “Gestión y Control de Combustibles en el Sector Eléctrico”.



Roberto Gonzalo Sánchez.- Nació en Quito en 1986. Obtuvo el título de bachiller técnico industrial en la especialización de electrónica en el 2004. Recibió su título de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control en el 2010. Actualmente es parte del área de Sistema de Tiempo Real en la Dirección de Sistemas de Información del CENACE y en el Proyecto de “Gestión y Control de Combustibles en el Sector Eléctrico”.