



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO-METALÚRGICO  
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ  
FACULTAD DE METALÚRGIA ELECTROMECAÁNICA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

# TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico

**Tema:** Sistema de medición remota de la temperatura en los cilindros de los motores Hyundai de 2,5 MW de la Termoeléctrica de Felton

**Autor:** Ramón Suárez Ramírez.

**Tutores:** Dr. Secundino Marrero Ramírez.

Ing. Maikel Núñez Estenez.

Ing. Yosvani Rodríguez Rodríguez.

2013

“Año 55 del Triunfo de la Revolución”

## Declaración de autoridad

---

Ramón Suárez Ramírez, autor de este trabajo de conjunto con los ingenieros Maikel Núñez Estenoz, Yosvani Rodríguez Rodríguez y el Dr. Secundino Marrero realizan el trabajo de diploma titulado: “Sistema de Medición Remota de la Temperatura en los Cilindros de los Motores Hyundai de 2,5 MW de la Termoeléctrica de Felton”, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

---

Autor:

Ramón Suárez Ramírez.

---

Tutor:

Ing. Maikel Núñez Estenoz.

---

Tutor:

Dr. Secundino Marrero.

---

Tutor:

Ing. Yosvani Rodríguez Rodríguez.

## PENSAMIENTO

---

*“El verdadero revolucionario busca mil soluciones para un problema, no mil justificaciones para no resolverlo”*

*Che*

## DEDICATORIA

---

A la revolución cubana forjadora de profesionales de ayer, hoy y siempre.

También dedico este trabajo a todos los que me han dado el apoyo y el aliento necesario para que este llegara al final.

## AGRADECIMIENTOS

---

- Agradezco especialmente a la Revolución cubana por haberme dado la posibilidad de estudiar y formarme como futuro profesional.
  
- A mis tutores quienes me han guiado bajo la convicción de que sí se puede.
  
- A mis compañeros, amigos y familiares que han contribuido en la confección de este trabajo.

## RESUMEN

---

En el presente trabajo, se propone un sistema de supervisión de la variable temperatura existente en los cilindros de los motores de fuel oíl en la termoeléctrica de Felton, a partir de la validación del sistema implementado a modo de prueba en un motor de la planta. El sistema, también señala las alarmas que intervienen en el proceso. Debido a la importancia del proceso analizado en esta propuesta de supervisión, se mejorara el sistema actual al no contarse con un sistema de registro de variables. El sistema de medición actual es ineficiente, y en ocasiones ocurren averías por altas temperaturas consecuencia del deterioro de la instrumentación. Como SCADA se empleó el WinCC, el cual ha probado su confiabilidad en varios sistemas tecnológicos a nivel mundial. Para la programación de los controladores lógicos programables (PLCs) se utilizó el Concept versión 2.6. El sistema supervisor permite la medición continua de las magnitudes garantizando que los operadores de la planta y los de mando reciban las informaciones oportunas facilitando la toma de decisiones. Además de incorporar un conjunto de sensores para la medición de temperaturas, se logra el enlace de los mismos con la computadora mediante el autómeta TSX MOMENTUM de la firma SCHNEIDER. Se realizaron todas las configuraciones correspondientes de hardware y de software.

## ABSTRACT

---

In the present work we propose a monitoring system of the variable temperature in the cylinders of the engine fuel oil in thermoelectric Felton, from the validation of the system implemented on a trial basis in an engine plant. The alarm system also signals involved in the process. Because of the importance of the process tested in this proposal supervision, improve the current system to be a system not record variable. The current measurement system is inefficient and sometimes failures occur at high temperatures due to the deterioration of the instrumentation. As SCADA was used WinCC, which has proven its reliability in various technological systems worldwide. For the programming of programmable logic controllers (PLCs) used the Concept version 2.6. Supervisor system allows continuous measurement of magnitudes ensuring that plant operators and the command receive timely information facilitating decision-making. In addition to incorporating a set of sensors for temperature measurement is achieved link them with the computer by TSX MOMENTUM SCHNEIDER signature. It made all relevant configurations of hardware and software.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL .....	I
CAPÍTULO 1 .....	4
Aspectos teóricos y particularidades de los sistemas de supervisión en los motores HYUNDAI .....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Generalidades de los Motores HYUNDAI .....	4
1.3 Generalidades de los termómetros bimetálicos .....	5
1.4 Generalidades de los termopares tipo K y los convertidores .....	5
1.5 Errores más comunes de los termopares .....	8
1.6 Convertidores de temperatura .....	9
1.7 Software que se utilizan en los sistemas de medición .....	10
1.8 Conclusiones .....	15
CAPÍTULO 2 .....	16
Arquitectura del Sistema de Medición para la supervisión de los motores HYUNDAI de 2,5 MW .....	16
2.1 Introducción .....	16
2.2 Descripción general del funcionamiento de los GEFO.....	16
2.3 Descripción del motor .....	17
2.3.1 Sistemas que componen el motor.....	17
2.3.2 Sistema de combustible.....	18
2.3.3 Calidad de Inyección del Combustible.....	20
2.3.4 Sistema de aire .....	20
2.3.5 Sistema de agua de enfriamiento .....	21
2.3.6 Sistema de aceite lubricante.....	21
2.3.7 Sistema de control automático.....	22
2.3.8 Sistema de arranque del motor.....	22
2.3.9 Sistema de paro de emergencia. ....	23
2.3.10 Sistema de control de velocidad del motor .....	23
2.3.11 Sistema de protección del motor.....	24
2.4 Medición de temperatura .....	24
2.5 Problemática .....	25

2.6 Arquitectura del sistema propuesto.....	26
2.6.1 Sistema de Comunicación Ethernet.....	27
2.6.2 Switch .....	27
2.6.3 Autómata utilizado .....	27
2.7 Descripción de la SCADA .....	32
2.8 Configuración en el Software de programación .....	37
2.9 HMI SIMATIC Multi Panel MP 377 12” Key. ....	42
2.10 Conclusiones .....	43
CAPÍTULO 3 .....	44
Resultados y valoración técnica económica del sistema de medición .....	44
3.1 Introducción .....	44
3.2 Resultado de las pruebas en el motor experimental.....	44
3.3 Análisis de costo de averías por deterioro de la medición de temperatura.....	44
3.4 Costos de la propuesta de sistema de medición .....	45
3.5 Valoración ambiental .....	47
3.6 Conclusiones .....	48
CONCLUSIONES GENERALES.....	49
RECOMENDACIONES .....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51
ANEXOS .....	53

## INTRODUCCIÓN GENERAL

---

Al producirse una severa crisis en el sistema eléctrico cubano, fueron tomadas una serie de medidas dentro de las cuales estuvo una importante utilización de grupos electrógenos en todo el país. La mayoría de estos equipos fueron conectados a la red eléctrica nacional para auxiliar a las centrales termoeléctricas.

El Grupo Electrónico de fuel Oíl (GEFO) ubicado en Felton, Holguín, es de tecnología coreana de la firma Hyundai y cuenta con una potencia instalada de 60 MW, distribuidas en 24 motores de 2,5 MW cada uno. Los cuales poseen mediciones de temperatura en sus cilindros, con el fin de controlar la estabilidad de operación de éstos. Las mediciones se realizan a través de termómetros bimetálicos los cuales son imprescindibles para evitar las averías. Esta instrumentación que traen los motores por diseño presentan los siguientes problemas por las altas vibraciones: errores de medición, problemas mecánicos, problemas con las reparaciones y calibraciones, glicerina contaminada impidiendo la lectura, derramamiento de glicerina provocando incendios en el motor, pero lo fundamental estriba en que la observación de estas mediciones la debe realizar el operador directamente expuesto a altas temperaturas, excesivo ruido y gases tóxicos que inciden negativamente en la salud del operador, todo esto conlleva a un deterioro irreversible del motor. Las averías más graves que se presentan en los motores son destrucción de las válvulas de admisión y escape, además en los inyectores, cilindro, pistón y los aros debido a las altas temperaturas. Siendo estas mediciones locales, no se lleva un registro histórico para posteriores análisis aunque el operador lleva mediante un reporte la lectura que realiza cada una hora, este reporte no es factible para realizar un análisis en caso de avería, por tanto se decide sustituir estos termómetros bimetálicos por termopares de tipo K, aunque se puede utilizar otro tipo de termopar o termoresistencia.

Los termopares son más resistentes a las vibraciones y a altas temperaturas, por tanto en el presente estudio se decide realizar la medición de temperatura de los cilindros con el termopar tipo K ayudado del sistema de medición y supervisión remota se podrá

conocer el comportamiento de la temperatura para enviar los datos a la PC que está en el cuarto de control y tiene instalada el SCADA-WinCC.

Teniendo como **Situación Problemática:**

La continua ocurrencia de las altas temperaturas provoca averías en los cilindros de los motores HYUNDAI de 2,5 MW destruyendo las válvulas de admisión y escape. Los sensores actuales para medir la temperatura se deterioran con frecuencia y las condiciones del medio son desfavorables por los altos niveles de ruido, temperatura y gases tóxicos, donde el operador registra de forma manual la medición de la temperatura.

Por lo antes referido se declara como **problema** de la investigación:

Las insuficiencias del actual sistema de medición de temperatura en los cilindros de los motores HYUNDAI de 2.5 MW de la termoeléctrica de Felton origina deterioro de las válvulas de admisión y escape.

Como **objeto de estudio** de la investigación se plantea:

Grupo Electrónico Fuel Oil de la firma Hyundai de 60 MW ubicado en Felton, Holguín.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis:**

Si se modifica el sistema de medición de temperatura de los cilindros de los motores HYUNDAI de 2,5 MW, entonces es posible determinar sus valores críticos para establecer las alarmas que impidan el deterioro de componentes del motor.

Teniendo en cuenta la hipótesis planteada, se define como **objetivo general:**

Modificar el sistema de medición de la temperatura de los cilindros de un motor del Grupo Electrónico de Fuel Oil de 2,5 MW para incrementar su eficacia y mejorar las condiciones de trabajo del operador.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar las temperaturas críticas y evaluar su incidencia en la operación del sistema.
- Sustituir los sensores de temperatura e implementar un sistema de medición.
- Analizar el comportamiento de la variable de temperatura y fiabilidad de trabajo del Grupo Electrónico de Fuel Oil a partir de las mediciones de campo del sistema de medición.

### **Tareas:**

- Revisión bibliográfica sobre el tema.
- Selección de sensores de temperatura apropiados al sistema
- Implementación del sistema de medición.
- Preparación del software y el hardware del sistema de medición.
- Registro del comportamiento de las mediciones.
- Configuración del SCADA-WinCC.

## CAPÍTULO 1

---

### **Aspectos teóricos y particularidades de los sistemas de supervisión en los motores HYUNDAI**

#### **1.1 Introducción**

En este capítulo se presentan los aspectos generales relacionados con la supervisión en los motores HYUNDAI de 2,5 MW. Se resaltan las especificaciones de los instrumentos de medición utilizados y los objetivos de su empleo mediante la interacción con los sistemas. Se aborda la estructura del SCADA a utilizar en la investigación. En este caso se emplea el sistema de supervisión de procesos WinCC. Se hace referencia además a los aspectos teóricos de cada uno de los elementos que forman parte en el proceso de medición.

#### **1.2 Generalidades de los Motores HYUNDAI**

La marca fue creada en 1947 por Chung Ju-Yung, figura dominante de la economía coreana desde 1960 hasta su muerte, en el 2001. Hyundai que en coreano significa modernidad comenzó su desarrollo en la línea automovilística construyendo su primer automóvil en 1968, el sedán compacto Cortina, bajo licencia de Ford. En 1975, realizó su primer modelo propio, el Pony, en colaboración con Mitsubishi y la firma Italdesign de Turín. Actualmente, Hyundai posee uno de los centros de investigación y desarrollo más respetados de la industria automovilística.

#### **Compañías pertenecientes al Grupo HYUNDAI**

- Kia Motors
- Hyundai Mobile
- Hyundai Electric
- Porcentaje de Mitsubishi sobre Hyundai
- Hyundai Translead

Los grupos electrógenos Hyundai son los equipos más confiables del mercado, teniendo la línea más amplia y la mejor relación precio-producto teniendo así un aliado en el momento de tener energía segura.

Existen otras firmas que construyen GE y como los HYUNDAI su funcionamiento es con combustible fuel oil. Estos motores perteneciente a la firma MAN de Alemania tienen medición de temperatura en sus cilindros con termopares tipo K pero son mucho más costosos.

### **1.3 Generalidades de los termómetros bimetálicos**

Los termómetros bimetálicos se utilizan en el lugar para la medida directa de temperatura. Una amplia gama de versiones estándares permiten una variedad de aplicaciones. Además, versiones especiales se fabrican a la especificación del cliente. Áreas especiales de aplicación: plantas industriales pesadas, tuberías recipientes, máquinas, etc.

Los dispositivos son instalados en un termopozo con un tornillo de ajuste. Simplemente atornille en el termopozo, enchufe el termómetro y sujete con el tornillo de ajuste.

El elemento de medida del termómetro bimetálico es una hélice bimetálica de respuesta rápida. Es fabricado de dos tiras de metal soldadas en frío con diversos coeficientes térmicos de expansión, que se tuercen en función de temperatura. El movimiento rotatorio se transfiere con baja fricción a la punta indicadora [2].

### **1.4 Generalidades de los termopares tipo K y los convertidores**

Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia [2].

Al mismo se le acoplan hilos de extensión para conectar el convertidor, para efectuar la medición que proviene de este termopar se conecta el Control Lógico Programable (PLC) en serie con el resto del circuito, al aplicar una fuente de calor al punto de unión caliente provoca una circulación de corriente por ambos metales que obedece a dos efectos termoeléctricos combinados:

Efecto Peltier: que provoca la absorción o liberación de calor en la unión de dos metales cuando una corriente circula a través de la unión.

Efecto Thomson: Que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperatura; el convertidor se encarga de transformar los milivoltios generados por el termopar a miliamperes que serán medidos en el PLC.

En instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar, son capaces de medir un amplio rango de temperaturas, presentan linealidad y robustez para trabajar en ambientes de vibraciones. El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de termopila [2].

Tipos de termopares.

- ❑ **TIPO K** (cromel (aleación de Ni-Cr)/Alumel (aleación de Ni-Al)): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una sensibilidad  $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  aproximadamente. Posee buena resistencia a la oxidación y vibraciones.
- ❑ **TIPO E** (Cromel / Constatan (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de  $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .
- ❑ **TIPO J** (hierro / Constatan): Su rango de utilización es de  $-270/+1200^{\circ}\text{C}$ . Debido a sus características se recomienda su uso en atmósferas inertes, reductoras o en vacío, su uso continuado a  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  no presenta problemas, su principal inconveniente es la rápida oxidación que sufre el hierro por encima de  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  y por debajo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  es necesario tomar precauciones a causa de la condensación de vapor de agua sobre el hierro.

- ❑ **TIPO T** (Cobre /Constantan): ideales para mediciones entre  $-200$  y  $260^{\circ}\text{C}$ . Resistencia a atmósferas húmedas, reductoras y oxidantes y son aplicables en criogenia, tiene una sensibilidad de cerca de  $43 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .
- ❑ **TIPO N** (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de altas temperaturas gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a  $300^{\circ}\text{C}$ ).

- ❑ **TIPO B** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a  $1800^{\circ}\text{C}$ . Los tipos B presentan el mismo resultado a  $0^{\circ}\text{C}$  y  $42^{\circ}\text{C}$  debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de  $50^{\circ}\text{C}$ .
- ❑ **TIPO R** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de altas temperaturas de hasta  $1300^{\circ}\text{C}$ . Su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) y su elevado precio quitan su atractivo.
- ❑ **TIPO S** (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los  $1300^{\circ}\text{C}$ , pero su baja sensibilidad ( $10 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ( $1064,43^{\circ}\text{C}$ ).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperatura a determinar.

En este trabajo se hizo una rigurosa selección del tipo de termopar a utilizar, donde tuvimos en cuenta las condiciones de trabajo, rango de medición y valoración técnico-económico donde llegamos a la conclusión por todos estos aspectos que el más factible es el tipo K que se observa en la figura 1.1

Para hacer esta selección tuvimos en cuenta:

1. Las gamas de temperatura (límites altos y bajos) que deben ser medidos.
2. En el ambiente o la atmósfera que el termopar debe ser expuesto.
3. Limitación física del espacio, método de instalación y tipo de conexión del instrumento deseado.
4. Tiempo de reacción: es una época requerida para alcanzar la temperatura detectada, el diámetro del termopar tiene un efecto significativo, ya que un diámetro más pequeño da lugar a una respuesta más rápida, pero no es tan durable como un diámetro más grande.
5. La resistencia a las vibraciones.



**Figura 1.1 Termopar Tipo K.**

### 1.5 Errores más comunes de los termopares

La mayor parte de los problemas de medición y errores con los termopares se debe a la falta de conocimientos del funcionamiento de los termopares. A continuación, un breve listado de los problemas más comunes que deben tenerse en cuenta.

Problemas de conexión.

- Son la causa de la mayoría de los errores de medición.
- Se debe usar el tipo correcto del cable de extensión.
- Cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar correcto y su polaridad debe ser la adecuada.

Resistencia.

- Cables delgados:
  - Para minimizar la desviación térmica y mejorar los tiempos de respuesta.
- Alta resistencia.

- Sensible al ruido.
- Errores debido a la resistencia del instrumento de medición.
- Se recomienda medir la resistencia del termopar antes de utilizarlo.

#### Ruido.

- La salida de un termopar es una pequeña señal.
- Se puede minimizar el ruido al retorcer los cables para asegurarse que ambos recogen la misma señal de ruido.
- En ambiente extremadamente ruidoso es necesario considerar usar un cable de extensión protegido.

Existen otros tipos de sensores de temperatura como las RTD que tienen una relación lineal de temperatura de resistencia en el rango de temperatura entre -200 °C y 850 °C. El termistor es otro sensor resistivo mucho más económico que las RTD con una característica menos lineal pero presenta mayor sensibilidad [2].

### 1.6 Convertidores de temperatura

La señal suministrada por el termopar tipo K (sensor de temperatura) se amplifica en la etapa de entrada. La tensión proporcional a la magnitud de entrada se digitaliza a continuación en el convertidor analógico-digital, el microprocesador se encarga de convertir las señales en función de la característica del sensor y de otros parámetros (amortiguación, resistencia del cable, etc.). En el convertidor digital-analógico, la señal preparada se transforma en una corriente continua de 4 a 20 mA independiente de la carga. La fuente de alimentación auxiliar se encuentra en el circuito de salida [7].

#### Construcción mecánica

Su peso es de 50 g (0.11 lb) y están contruidos de material plástico, encapsulado.

#### Grado de protección

- Caja IP40.
- Bornes IP00 [1].



**Figura 1.2 Convertidor de temperatura.**

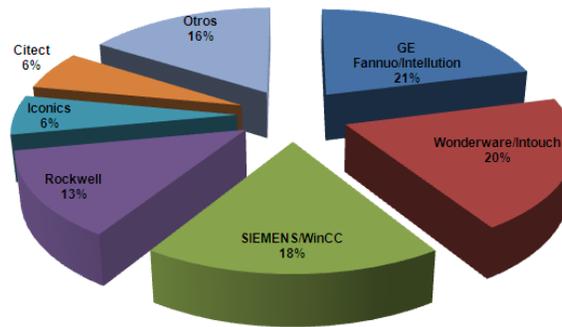
### **1.7 Software que se utilizan en los sistemas de medición**

El nombre de SCADA corresponde a la abreviatura de "Supervisory Control and data Acquisition", es decir: adquisición de datos y supervisión de control. Un SCADA es un software de aplicación especialmente diseñado para funcionar sobre ordenadores de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Hay multitud de productos SCADA en el mercado, los cuales se pueden dividir en dos grupos:

- Específico de cada fabricante, solo funciona con sus productos (SCS de Omron, CXSupervisor de Omron, WinCC de Siemens, etc.)
- Genérico, válido para productos de varios fabricantes. Necesita de software adicional para la realización de las comunicaciones (In Touch, LabView, etc.)

En la figura a continuación se muestra el porcentaje de utilización en el mundo de los principales SCADA [10].



**Figura 1.3 Comportamiento en el mercado actual de las principales SCADA.**

## WONDERWARE

Las soluciones construidas sobre la tecnología ArchestrA se benefician de una arquitectura de software única, abierta y escalable que puede conectarse a prácticamente cualquier sistema de automatización, unidad terminal remota (RTU), dispositivo electrónico inteligente (IED), controlador lógico programable (PLC), base de datos, historiador o sistema de negocios en uso hoy en día. La naturaleza abierta de esta plataforma les permite a los usuarios expandir sus sistemas existentes sin necesidad de adquirir nuevo hardware o sistemas de control. Wonderware es el líder en el mercado del software de gestión de operaciones en tiempo real. El software de Wonderware permite reducciones de costos significativos asociados al diseño, construcción, despliegue y mantenimiento de aplicaciones seguras y estandarizadas para las operaciones de fabricación e infraestructura.

Las soluciones Wonderware son escalables y configurables, permitiendo un enfoque incremental a las mejoras operacionales en aquellos casos en los que es posible realizar un despliegue de mayores funcionalidades de bajo riesgo.

Las soluciones HMI/SCADA a menudo imponen demandas complejas a las arquitecturas de software. InTouch HMI Visualization de Wonderware, combinado con la premiada Wonderware Systems Platform, basada tecnología ArchestrA, se encuentra posicionado de manera única para superar estos retos.

### Beneficios

- ❑ Fáciles de usar e implementar

- Fácil configuración y mantenimiento
- Alta seguridad y disponibilidad
- Escalabilidad prácticamente ilimitada

### Capacidades

- Visualización HMI y SCADA distribuido geográficamente
- Mantenimiento y desarrollo a base de plantillas
- Despliegue de aplicaciones remotas y gestión de cambios
- Seguridad de niveles de datos integrada al sistema
- Definición de alarmas fácil y flexible
- Análisis y recolección de datos para sistemas nuevos y existentes
- Generación de reportes fácil de usar
- Acceso abierto a datos históricos

## ROCKWELL

Actualmente Rockwell Automation es el principal proveedor de automatización para muchas empresas en el mundo. Gran variedad de productos y servicios ofrece a los clientes la mejor opción para incrementar con gran ventaja su competitividad mientras alcanzan los objetivos que se han trazado.

Rockwell Automation es un proveedor líder en sistemas de automatización para la industria. Cuenta con una sólida infraestructura que le permite cubrir las necesidades de los fabricantes que realizan negocios dentro del país.

Construido sobre bases firmes, Rockwell Automation es parte de Rockwell, una empresa global de 6.800 millones de dólares US. Este grupo, integrado por marcas líderes en automatización, incluye a Allen-Bradley y Rockwell Software.

Estas marcas proporcionan soluciones diseñadas para ofrecerle desde el sistema de control a la conexión de la carga. Dichas soluciones de automatización cumplen con estándares de calidad global como ISO 9000 y las normas europeas CE.

## **CITECT**

Citect se encuentra en su fase de madurez, con años de servicio y miles de sistemas instalados. Probablemente el mejor SCADA de finales de los años 90 y principios de los 2000, tiene una funcionalidad contrastada y cuenta con más de 100.000 sistemas instalados.

Servicios disponibles:

- Asesoramiento Técnico para la selección del producto
- Suministro de Licencias, ampliaciones y actualizaciones
- Soporte Técnico directo en España e Hispanoamérica
- Contratos de Soporte locales y del fabricante
- Cursos de formación generales y específicos en oficina o planta
- Apoyo técnico al desarrollo de aplicaciones en oficina o planta.

## **GE/ FANUC**

Esta SCADA con una utilización del 21 % a nivel mundial, es una de las principales compañías de automatización del mundo, la fiabilidad de sus productos y el buen hacer en su actividad son sus prioridades. Su constante innovación da respuesta a las necesidades de la industria y, con el más alto índice de fiabilidad del producto, elevando la eficacia y productividad de las industrias en todos los rincones del mundo.

## **SIEMENS**

El WinCC es el SCADA de la firma SIEMENS con un 18 % de utilización en el mundo. Esta puede configurarse en varios idiomas, ofrece una funcionalidad de base completa para el mando y la supervisión del proceso y es integrable en todas las soluciones de automatización y en cada empresa.

Dentro de la evolución de los SCADA en Siemens pasamos del WinCC V.3.0 - 4.0 - 5.0 - 6.0 - 7.0 SP3 que es la última versión disponible al TIA WinCC V.11 & V.12, es muy utilizado por su potencialidad, ante otras tareas de mantenimiento.

En Cuba se implementó este SCADA en los GE HYUNDAI 1.7 y 2.5 MW debido a:

- El equipamiento de control suministrado es del fabricante SIEMENS, este recomienda la utilización de su SCADA para mejor funcionamiento del sistema.
- El proyecto fue diseñado con equipamiento SIEMENS y así fue ofertado.

## 1.8 Conclusiones

Los SCADA son ampliamente utilizadas en todo el mundo debido a sus aplicaciones como son la adquisición de datos y supervisión de control es decir registro control y monitoreo de controladores autómatas, autómatas programables, etc.

En instrumentación industrial, los termopares tipo K son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar, son capaces de medir un amplio rango de temperatura, presentan linealidad y robustez para trabajar en ambientes de vibraciones.

Existen otras firmas que construyen GE y como los HYUNDAI su funcionamiento es con combustible fuel oil. Estos motores pertenecientes a la firma MAN de Alemania tienen medición de temperatura en sus cilindros con termopares tipo K pero son mucho más costosos.

## CAPÍTULO 2

### Arquitectura del Sistema de Medición para la supervisión de los motores HYUNDAI de 2,5 MW

#### 2.1 Introducción

En este capítulo se hace una breve descripción del funcionamiento de los GEFO ubicado en Felton, incluyéndose en este sistema la principal variable (temperatura). Se presentan los detalles del software y sus potencialidades para esta aplicación. Además se describen las interacciones entre los elementos del sistema, desde el sensor hasta la validación de las magnitudes. La conformación de este sistema se puede extrapolar para el estudio de otros GEFO. A partir de los resultados obtenidos se pueden establecer estrategias y variantes de solución que disminuyan las averías en estos sistemas.

También, se detalla la arquitectura existente y la propuesta donde se describe la ubicación y función de cada elemento utilizado y su conexión en el sistema de medición, así como el monitoreo de todas estas variables implicadas en el proceso, la configuración del SCADA WINCC y la comunicación con el visualizador HMI que está instalado en el campo que es a través de un switch [3].

#### 2.2 Descripción general del funcionamiento de los GEFO

Una central eléctrica con motores, es un proceso donde se genera electricidad a partir del movimiento de un motor de combustión interna al que se le acopla un generador eléctrico. Este tipo de central es usada de dos formas a régimen continuo (base) sincronizadas al SEN (sistema electro energético nacional) o en isla (cuando operan separadas). Una central eléctrica con motores fuel generalmente consta de las siguientes unidades:

- Compresor: genera el aire de arranque del motor diesel y accionamiento de la instrumentación.
- Tratamiento de agua: produce el agua tratada para el enfriamiento del motor, generación de vapor en caldera y en purificadoras de aceite y combustible.
- Generador de vapor: produce el vapor para el tratamiento del combustible.

- Preparación de combustible y lubricante: elimina sólidos, agua en el combustible y restos de la combustión en el aceite.
- Motor-generator: produce la electricidad, equipo principal de la central.

Cada una de las unidades mencionadas anteriormente posee su propio automatismo y a la vez se enlazan entre sí en un único sistema.

### 2.3 Descripción del motor

El bloque del motor está hecho de molde de hierro y tiene cámaras de combustión de aire y canales de lubricación de aceite. El bloque del motor no necesita mantenimiento, excepto la limpieza por afuera y por dentro de la cámara de aire. El canal de aire del bloque del motor distribuye aire a cada cilindro.

EL aceite lubricante fluye desde el módulo de alimentación, y es distribuido a todos los cojinetes principales. Los mismos están fijos por los tapones que contienen, y a su vez colgados al bloque del motor por dos espárragos. El bloque del motor también es reforzado con dos espárragos laterales del tapón del cojinete.

Los cojinetes de cigüeñal y biela son instalados en los dos lados del engranaje de rueda de la carcasa para prevenir de movimiento axial del cigüeñal.

Todo componente de un cilindro se puede desmantelar o ensamblar directamente.

#### 2.3.1 Sistemas que componen el motor

El motor que forma parte del grupo electrógeno está compuesto por varios sistemas que garantizan el correcto funcionamiento del mismo, estos sistemas son.

Sistema de combustión.

- Sistema de aire.
- Sistema de agua de enfriamiento.
- Sistema de aceite de lubricación.
- Sistema control automático.

El motor necesita alimentación de combustible y alimentación continua de aire para la combustión, agua de enfriamiento, y aceite lubricante para operación normal y un sistema de control y protecciones automático para garantizar la operación segura y la protección del mismo.

El motor tiene sistema modulado llamado Módulo de Alimentación.

El Módulo de Alimentación consiste en el bloque de alimentación y componentes para cada sistema de fluido.

El bloque de alimentación es una estructura hecha de molde de hierro e instalado al lado libre del motor, este proporciona pasillos moldeados y espacios para montar el equipo de cada sistema de fluido. Entonces, los circuitos internos para agua, aceite y aire pueden ser completados sin tubería, y por lo tanto permiten un mantenimiento más fácil.

### **2.3.2 Sistema de combustible**

Características del Combustible:

#### **1) Viscosidad**

La viscosidad del combustible que entra a la máquina debe mantenerse en un valor de entre 12 ~18 cSt que lograra con el calentamiento apropiado.

#### **2) Densidad**

Si la densidad del combustible está por encima de la densidad máxima ( $991 \text{ kg/m}^3$ ) el combustible no puede usarse debido al agua y contaminantes sólidos que posee.

#### **3) Azufre**

Es importante guardar los volúmenes de azufre apropiados en el combustible. El alto nivel contenido de azufre en el combustible puede incrementar el riesgo de temperaturas bajas, corrosión en la cámara, la combustión y puede contribuir a la formación de depósitos por las altas temperaturas. También se recomienda mantener alcalinidad apropiada del aceite lubricante para la neutralización.

#### **4) Ceniza**

El contenido de ceniza viene del aceite crudo natural y también de la contaminación durante el tratamiento del combustible. Los ingredientes sólidos pueden ser removidos principalmente por el sistema centrífugo del combustible. Hay compuestos solubles sin

embargo como el vanadio y sodio que pueden transformarse en ceniza después de la combustión.

Como la ceniza en cualquier forma produce desgaste mecánico de las partes del motor y promueven los depósitos dañinos en la cámara de la combustión.

#### 5) Vanadio y Sodio

Como el vanadio y sodio se convierten en ceniza corrosiva después de la combustión, éstos deben ser eliminados tan pronto como sea posible. Los compuestos de sodio contribuyen a bajar el punto de derretido de la ceniza del vanadio que es muy corrosivo y dañino para las válvulas y el turbo cargador. Por lo tanto, los compuestos deben ser menos de 1/3 del contenido en peso del vanadio.

#### 6) Carbono de Conradson.

Mucho contenido de carbono Conradson pueden dañar la combustión y causar formación de deposiciones en la cámara de combustión y en el sistema de descarga de gases, particularmente a baja carga del motor.

#### 7) Asfáltenos.

El alto contenido de asfáltenos puede contribuir a la formación de deposición en la cámara de combustión, así como también el sistema de descarga a bajas cargas y tranca la bomba de inyección del combustible. También causa deposiciones en el sistema de combustible.

#### 8) Agua.

El contenido de agua puede medirse por una prueba de destilación estandarizada. El agua causa la corrosión y capitaciones del combustible en la bomba de inyección y perjudica el sistema de la descarga de gases y al turbo cargador. El contenido de agua debe reducirse al máximo 0.2%.

#### 9) Partículas Abrasivas

El combustible puede ser contaminado por partículas abrasivas compuestas de aluminio y óxidos de silicón. Si el tratamiento de combustible no es eficaz, no se aplica. Estos componentes pueden causar el desgaste anormal en el sistema de inyección, en la camisa del cilindro y en las anillas de los pistones.

### 2.3.3 Calidad de Inyección del Combustible.

La calidad del combustible y las características de la inyección afectan el rendimiento de la máquina, así como el período entre mantenimientos.

La mala calidad del combustible puede desgastar los inyectores, causa problemas en la cámara de combustión y aumenta la temperatura de los gases de salida así como el aumento del consumo de combustible.

El valor calórico del combustible influye en el índice de combustible de la bomba de la inyección. Por consiguiente, al ajustar el limitador de carga, esta influencia debe ser considerada y reajustada si el valor de calor cambia considerablemente. Por otra parte, la máquina puede operarse en la condición de sobre carga o puede faltarle potencia.

La calidad de combustible y el sistema de combustible desgastado afecta la presión máxima de encendido que no sólo es uno de los parámetros críticos para la fiabilidad de la máquina, sino también para el consumo de combustible y emisión de NOx. En general, el máximo valor de presión de encendido, reduce el consumo de combustible, pero aumenta la emisión de NOx, y vice-versa. Siempre que cambie el combustible, la presión máxima de encendido debe medirse y debe reajustarse o debe reacondicionarse si esta fuera del rango de operación normal.

### 2.3.4 Sistema de aire

El aire requerido para la combustión es recogido del cuarto de máquina por el filtro fijado al turbo cargador. Es importante que el aire de explosión esté libre de agua salada, polvo y humos, hollín, etc.

El turbo cargador es del tipo radial sin enfriador con alta eficiencia y montada en el bloque de alimentación del motor, el mismo es enfriado y lubricado con aceite lubricante del sistema de aceite lubricante principal.

Cantidad de Flujo de Aire.

El aire de la succión no sólo contribuye a la combustión sino también a refrescar los componentes circundantes, su cantidad tiende a ser reducida debido a violaciones del sistema. Algunas violaciones en los componentes con respecto al aire y los gases de descarga, pueden aumentar la resistencia del flujo de este y por consiguiente causa un aumento en la caída de la presión y reducción del flujo del mismo. La presión baja

significa reducción de presión atmosférica de carga, que resulta en presión más baja del cilindro y más consumo de combustible como consecuencia. La cantidad reducida de flujo de aire resulta en la temperatura más alta de gases de descarga y componentes del cilindro así como más consumo de combustible.

### **2.3.5 Sistema de agua de enfriamiento**

#### Calidad del agua de enfriamiento

El agua de enfriamiento de la máquina debe desmineralizarse (destilar) con tratamiento apropiado, el cual es necesario para conseguir un enfriamiento eficaz y prevenir la corrosión del sistema. Aunque el agua destilada tiene los mejores requisitos para el agua de enfriamiento, es necesario agregar el inhibidor de corrosión. Porque el agua destilada no tratada absorbe el anhídrido carbónico del aire y entonces se vuelve corrosiva.

Antes de agregar el inhibidor de corrosión, el agua de enfriamiento debe ser verificada y tratada.

### **2.3.6 Sistema de aceite lubricante**

El aceite lubricante tiene un papel importante en el sistema del motor, las funciones que tiene son las siguientes.

Lubricación de las partes móviles para reducir fricción y desgaste.

Enfriamiento de las partes del motor (pistón, cojinete, etc.).

Sellado de las anillas del pistón.

La calidad del aceite lubricante debe ser revisada ya que esta cambia lentamente debido al envejecimiento y a la contaminación por varias vías. Los contaminadores fundamentales son, hollín, partículas de la cámara de combustión, agua, sales, partículas de desgaste y la oxidación del propio aceite.

Para la purificación del aceite lubricante además del filtro del motor, existe un sistema de centrifugado de aceite.

### 2.3.7 Sistema de control automático

El sistema de automatización del motor consiste en un sistema de control, monitoreo, y seguridad, los sensores e indicadores están instalados en el motor adecuadamente y conectados al panel del sistema de energía para controlar y monitorear. El motor responde a las señales vía mecanismos neumáticos y electrónicos del motor [4].

Por lo tanto, energía eléctrica de DC 24 V y aire comprimido de más o menos 30 bar deben de ser suministrados constantemente durante la operación del motor.

El aire comprimido suministrado desde el tanque, se baja a la presión apropiada en la válvula reductora del motor de arranque, el cual es usado para encender y parar el motor.

El sistema de automatización puede proporcionar conexiones para un sistema de control remoto.

Las funciones básicas del sistema de automatización del motor son las siguientes;

- Sistema de Arranque del Motor.
- Sistema de paro del Motor.
- Sistema de control de Velocidad del Motor.
- Sistema de Seguridad del Motor.

### 2.3.8 Sistema de arranque del motor.

El motor arranca a través del motor de arranque de aire, el cual es operado con aire comprimido.

El Botón de 'ARRANQUE' en el panel de control activa una válvula solenoide de arranque la cual abre para suministrar aire comprimido al motor de arranque de aire. Después, el piñón del motor de arranque de aire es enganchado con el borde del engranaje de la volante del motor y le da vuelta al cigüeñal del motor.

Entonces, cuando la velocidad del giro del motor alcanza una velocidad predeterminada, el combustible es inyectado en la cámara de combustión para girarlo automáticamente. Después que el arranque está completo, el piñón del motor de arranque de aire es soltado del borde del engranaje a una velocidad predeterminada.

### **2.3.9 Sistema de paro de emergencia.**

El motor es detenido cuando se presiona el botón de 'DETENER' o 'DETENER DE EMERGENCIA' en el panel de control, o por la señal de 'AUTO DETENER.'

Por lo tanto, el motor es parado fundamentalmente cuando la inyección de combustible a la cámara de combustión es detenida. Esto significa que las cremalleras de cada bomba de inyección están movidas a la posición detenida por la señal de detenimiento. Cada cremallera de combustible está conectada a un eje de control común mecánicamente y también conectado neumáticamente a una línea común de aire comprimido. Por lo tanto, hay dos maneras de mover las cremalleras de combustible a la posición de detenimiento (Índice cero).

Una es por detenimiento mecánico, el cual hala las cremalleras a la posición de detenimiento con el gobernador o la palanca de control manual. El botón de 'DETENER' activa el gobernador para moverlo a la posición de 'DETENER.

La otra manera es el detenimiento neumático con aire comprimido, cual empuja la barra a la posición de detenimiento sin tener en cuenta el control del gobernador. El botón de 'DETENIMIENTO DE EMERGENCIA' o 'AUTODETENIMIENTO' señala a la válvula solenoide que para el aire comprimido a todas las bombas de inyección de combustible. Esta señal de 'DETENIMIENTO DE EMERGENCIA' activa el detenimiento del gobernador simultáneamente. Sin embargo, estas dos maneras son mecánicamente independientes del uno al otro y las palancas cargadas con muelle proporcionan flexibilidad mecánica entre ellos.

### **2.3.10 Sistema de control de velocidad del motor**

La velocidad del motor está controlada por un gobernador que conecta las cremalleras de las bombas de inyección de combustible. El sistema del gobernador detecta variación de velocidad del motor y controla la cantidad de inyección de combustible necesaria para mantener la velocidad indicada.

### 2.3.11 Sistema de protección del motor

El motor tiene sistema de seguridad para protegerlo contra condición de operación anormal.

La alarma y auto detenimiento están activos electrónicamente de acuerdo con condiciones de operación anormales predeterminadas

Además del sistema de automatización electrónica, un limitador mecánico está instalado en el motor para evitar la inyección excesiva de combustible a los cilindros.

El limitador de combustible está instalado cerca del gobernador y limita el giro de la palanca en el eje para control de combustible contra los dos casos siguientes.

Limitador de sobrecarga de combustible.

Cuando la palanca de control de combustible gira hasta la posición máxima de la cremallera de combustible por el gobernador o por palanca manual el movimiento va a ser limitado por un pistón. El valor del límite puede ser ajustado por el tapón, el cual debe de ser ajustado al valor de índice de cremallera de combustible correspondiente a una carga de menos de 110%.

Limitador de combustible de arranque.

Durante el período de arranque, el turbo cargador está fuera de condición normal y por lo tanto, el motor de diesel siempre va a realizar combustión incompleta por la falta de aire, lo cual puede resultar en humo excesivo.

## 2.4 Medición de temperatura

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medidas quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, la velocidad de captación de la temperatura, la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).

- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (parámetros de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorios (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal) [2].

## 2.5 Problemática

La instrumentación que traen los motores HYUNDAI de 2,5 MW por diseño para medir la temperatura, presentan los siguientes problemas:

- Errores de medición.
- Problemas mecánicos.
- Problemas con las reparaciones y calibraciones.
- Glicerina contaminada impidiendo la visualización de la lectura.
- Derramamiento de glicerina provocando incendios en el motor.
- Además otra dificultad es que esta es una medición local y no queda ningún registro histórico de su comportamiento para posteriores análisis, pero lo fundamental estriba en que la observación de estas mediciones las realizan los operadores directamente expuestos a altas temperaturas, excesivo ruido y gases tóxicos que inciden negativamente en la salud del operador. Estas mediciones se realizan con intervalos de una hora y se registran en un reporte.

No se tiene conocimiento de algún otro proyecto de GE HYUNDAI de 1,7 y 2,5 MW dentro del país con el sistema que se está implementando en Felton, por lo que este trabajo es el primero en proponer este sistema de control. Podemos señalar que las principales deficiencias del sistema de medición son:

- Baja confiabilidad debido al deterioro del sensor de temperatura.
- El operador registra las mediciones y el sistema de almacenamiento no es confiable.
- No existe una alarma asociada a la temperatura a pesar de ser esta una variable de gran importancia en el funcionamiento en el sistema.

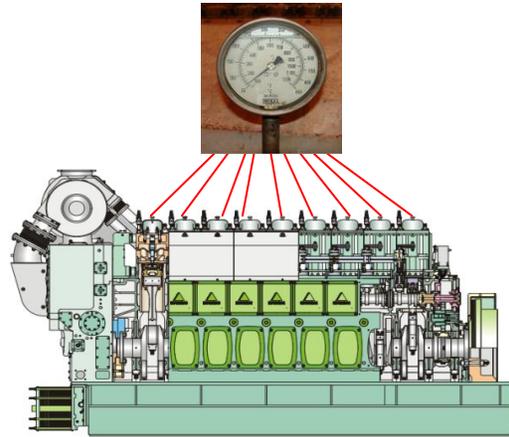
## 2.6 Arquitectura del sistema propuesto

El sistema de medición que proponemos está basado en la supervisión, registro y monitoreo de temperatura de cada cilindro de los motores de 2,5 MW de los GEFO de Felton, los sensores utilizados para medir la temperatura son: termopares tipo K con una inmersión de 100 mm, con toma de proceso de 1/2 npt (anexo 1), estos van conectados al convertidor de temperatura que es el encargado de convertir la señal de mV que proviene del termopar en señal de 4-20 mA. La cual es direccionada al automático TSX MOMENTUN de la firma TELEMECANIQUE Schneider que este consta con una CPU 170 CCC 960 30 IEC, 5 tarjetas analógicas 170 AAI 140 00 la CPU acoplada en una de las tarjetas analógicas y las otras a los módulos de comunicación 170 INT 110 00 interconectadas entre ellas utilizando conectores en D de 9 contactos machos y por el otro extremo igual cantidad hembras, por último tenemos una tarjeta digital mixta ADM 350 10 donde se configuran las alarmas visuales y sonoras.

Este PLC se comunica a través de Ethernet utilizando un switch el cual los datos procesados por el PLC lo envía al HMI que está configurado con el WINCC flexible y a la SCADA WINCC que está instalada en la PC en el panel del operador.

### Tareas que se ejecutaron para el montaje físico de la instrumentación.

- Cableado de las señales a medir.
- Cableado del armario del automático.
- Montaje y alambraje de los instrumentos de medición.
- Montaje y alambraje del automático TSX MOMENTUN.
- Comprobación del alambraje.
- Configuración del HMI.
- Conexión de los dispositivos de comunicación del automático con el HMI y la PC.
- Instalación de la PC y de la aplicación diseñada con el SCADA.



**Figura 2.1 Arquitectura actual.**

### 2.6.1 Sistema de Comunicación Ethernet

Ethernet es ahora la tecnología LAN dominante en el mundo, no es una tecnología sino una familia de tecnologías LAN que se puede entender mejor utilizando el modelo de referencia Open Systems Interconnection (OSI). Las especificaciones de Ethernet admiten diferentes medios, ancho de banda y además variaciones de la capa uno y dos. Sin embargo, el formato de trama básico y el esquema de direccionamiento son iguales para todas las variedades de Ethernet [3].

### 2.6.2 Switch

Switch (o conmutador) es un dispositivo analógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más partes de la red, de manera similar a los puentes, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Su empleo es muy común cuando existe el propósito de conectar múltiples redes entre sí para que funcionen como una sola y mejora el rendimiento y seguridad de la red [4].

### 2.6.3 Autómata utilizado

El autómata utilizado en esta aplicación es el Momentum de la firma Schneider Electric. Los productos Momentum son modulares. Para que una base de entradas/salidas sea funcional es preciso que esté equipada con un módulo de comunicación o un módulo procesador. Los módulos de comunicación y los módulos procesadores Momentum

están diseñados para funcionar como módulos funcionales cuando están montados sobre una base de entradas/salidas Momentum. Estas bases gestionan los datos procedentes de los sensores de campo y controlan los accionamientos [8].

Este autómata incluye 3 componentes básicos fáciles de encajar en distintas posibilidades para formar o no automatismos descentralizados.

Los 3 componentes son los siguientes:

- Bases de entradas/salidas.
- Módulos de comunicación.
- Módulos de procesador.

Base de entrada analógica 170 AAI 140 00

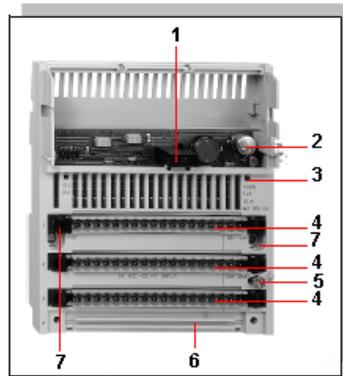
La base de entrada analógica (ver figura 2.2) 170 AAI 140 00 cuenta con 16 canales de entrada analógicos asimétricos no aislados, y puede utilizarse en aplicaciones de vigilancia, medición y control de procesos continuos. La base también cuenta con detección de cables cortados.

La parte frontal de las bases de entradas/salidas 170 AAI 140 00 incluye:

- Un conector de interface interno para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
- Un contacto de enclavamiento y de tierra para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
- Pilotos de señalización del estado (la cantidad depende del número de vías).
- Tres conectores para los borneros desenchufables.
- Un tornillo de conexión a tierra.
- Un emplazamiento para la barra de potencial.
- Dos taladros de fijación para montaje sobre panel.

Características del módulo.

- Tipo de módulo: 16 Entradas Analógicas.
- Rango de tensión de entrada +/- 10 V, +/- 5 V.
- Corriente de entrada 4... 20 mA.



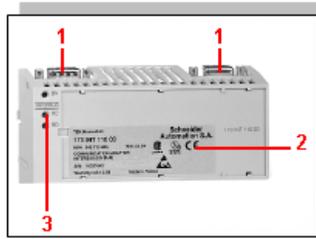
**Fig.2.2 Base de entradas analógicas 170 AAI 140 00**

Módulo de comunicación 170 INT 110 00

El módulo de comunicación (ver figura 2.3) Interbus-S 170 INT 110 00, montado sobre la base de entradas/salidas Momentum constituye un conjunto funcional de entradas/salidas que se conectan directamente al bus Interbus-S. Esta conexión permite integrar las entradas/salidas Momentum en cualquier arquitectura Interbus-S compuesta por autómatas programables, puestos de control o de supervisión, terminales compatibles PC, variadores y otros equipos [9].

Cada módulo de entradas/salidas representa un nodo en el bus Interbus cuya dirección se define por la posición física en la red o mediante software. Interbus permite distribuir los módulos de entradas/salidas en distancias largas que pueden llegar a alcanzar hasta 12,6 km con un máximo de 256 equipos o módulos de entradas/salidas conectados mediante un par de cables trenzados [8]:

1. Conector Interbus-S.
2. Emplazamiento para una etiqueta de identificación (suministrada con cada base de entradas/salidas).
3. Pilotos de señalización de estado:
  - Piloto BA (verde), actividad del bus.
  - Piloto RC (verde), estado del bus entre estaciones.
  - Piloto RD (rojo), bus entre estaciones inactivo.

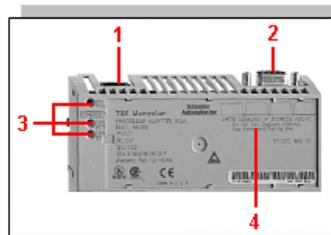


**Fig.2.3 Módulo de comunicación 170 INT 110 00**

**Módulo de procesadores 170 CCC 960 30 IEC**

El módulo procesador trata de una forma rápida e independiente las operaciones lógicas, controla sus propias entradas/salidas. El módulo procesador transforma una base estándar de entradas/salidas en un autómata PID o en un resolver lógico de gran velocidad. Los módulos procesadores están concebidos para ser montados de forma autónoma sobre una base de entradas/ salidas única, según el tipo, aceptan entradas/salidas a distancia a través del Puerto Bus.

1. Conector RJ45 para conexión Ethernet.
2. Conector SUB-D hembra 9 puntos para conexión modbus o bus de entradas/salidas (según modelo).
3. Pilotos de señalización (LED).
4. Etiqueta de identificación.



**Fig.2.4 Módulo de procesadores 170 CCC 960 30 IEC**

**Base de entradas y salidas digitales 170 ADM 350 10**

La base de entradas y salidas digitales cuenta con 16 canales de entradas digitales y 16 canales de salidas digitales. La base también cuenta con detección de cables cortados.

La parte frontal de la base de entradas/salidas 170 ADM 350 10 incluye:

- Un conector de interface interno para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
- Un contacto de enclavamiento y de tierra para el módulo de comunicación o el módulo procesador.
- Pilotos de señalización del estado (la cantidad depende del número de vías).
- Tres conectores para los borneros desenchufables.
- Un tornillo de conexión a tierra.
- Un emplazamiento para la barra de potencial.
- Dos taladros de fijación para montaje sobre panel.

#### Características del módulo.

- Tipo de módulo: 16 Entradas y salidas digitales.
- Rango de tensión de entrada +/- 24 V CD.
- Corriente de entrada 4... 20 mA [9].

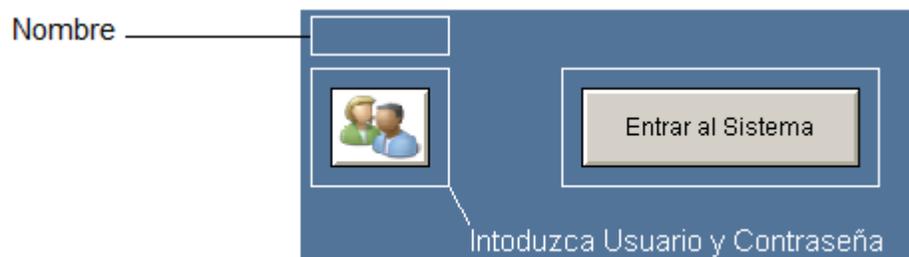


**Fig.2.5 Autómata emplazado en el lugar.**

## 2.7 Descripción de la SCADA

### Presentación:

Por esta pantalla se logra entrar al sistema. La misma indica el nombre de la planta donde se realizó el proyecto (motores HYUNDAI), a la UEB general que pertenece (Central Eléctrica Lidio Ramón Pérez de Felton) y la potencia instalada (60 MW). También mediante una foto indica la posición del grupo de motores en la empresa. Después de ejecutar y correr la aplicación MOTORES DPP24 sale la misma. Es necesario introducir el nombre del usuario y su contraseña donde lo indica, si es correcto aparece su nombre en la parte superior. Una vez reconocido éste se oprime el botón Entrar al Sistema y nos conduce a la página principal (Inicio) [6].

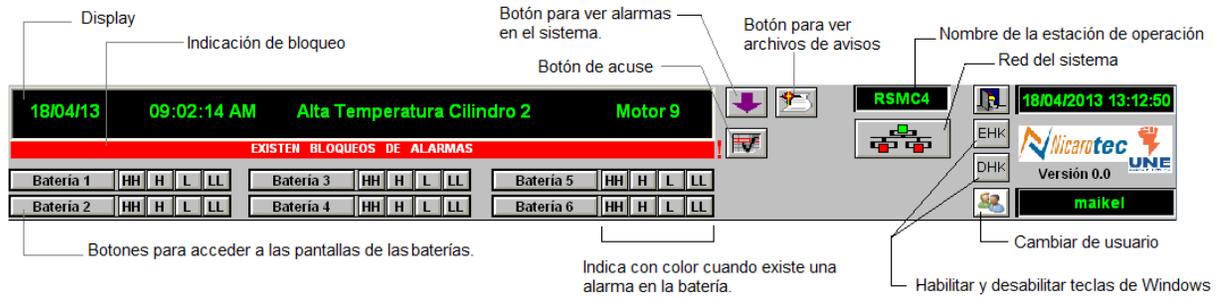


**Figura 2.6 Pantalla de entrada al sistema.**

### Inicio:

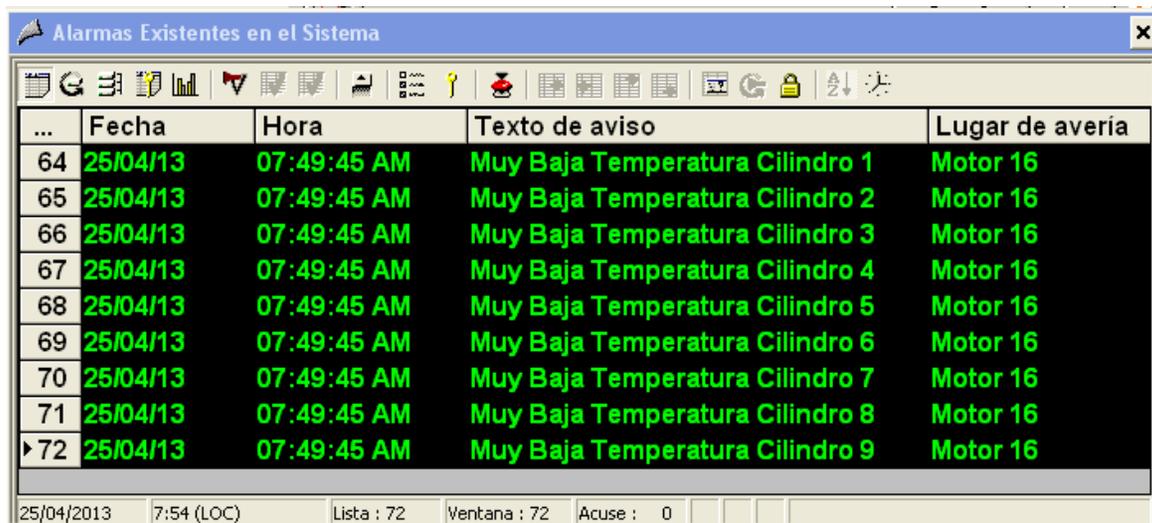
Es la pantalla principal que permite el acceso a las demás páginas.

En la parte superior izquierda se muestra un display para la visualización de los avisos de las alarmas con fecha, hora, motor y comentario del tipo de alarma. Siempre que se genere una alarma aparece de color rojo, cuando se reconoce por el operador y este la acusa toma el verde y cuando cambia a blanco es que la misma toma el valor normal (desaparece).



**Figura 2.7 Pantalla de acceso a las demás páginas.**

En la parte derecha del display hay 3 botones: si se oprime el primero aparece una ventana con todas las alarmas existentes en el sistema, con el segundo visualiza todos los archivos de los avisos de estas y el tercero se utiliza para el acuse de ellas.



**Figura 2.8 Visualización de las alarmas.**

En la parte inferior del display se visualiza un recuadro, el mismo está asociado con el bloqueo de cilindros o motores. En caso de que se efectúe un bloqueo ya sea cualquier cilindro o motor toma el color rojo, sino permanece en color verde.

Debajo del recuadro antes mencionado aparecen una serie de botones que permiten acceder a las pantallas de las diferentes baterías. En caso de que cualquier botón comience a blinquear en rojo indica que en la batería existe una alarma, y al lado de cada botón con 4 pequeños recuadros que mediante colores indican el tipo de alarma o los tipos en caso de varias. El color rojo representa alarma alta prohibitiva (HH), la

alarma alta preventiva (H) con el color rosado, alarma baja prohibitiva (LL) con el color amarillo y el color naranja para la alarma baja preventiva (L).

En la parte superior más a la derecha se puede ver el nombre de la estación de operación (RSMC4), y debajo del mismo nombre un botón que permite visualizar la red del sistema.

Seguido a estos hay cuatro botones: el primero comenzando por la parte más superior es para salir del sistema. El segundo y tercero para habilitar y deshabilitar todas las teclas del sistema operativo de Windows y el cuarto para cambiar de usuario.

Al final de esta parte se puede observar la fecha y hora, logotipos de la Empresa de Servicios y La Empresa Eléctrica, y el nombre del usuario que se encuentra operando el sistema.

En la parte inferior de la pantalla aparecen solamente 5 botones que dan acceso a las pantallas siguientes: inicio, temperatura de los cilindros, alarmas, registrador y mono lineal.



**Figura 2.9 Botones de acceso a las pantallas representadas.**

### **Temperatura de los cilindros:**

Si queremos acceder a dicha pantalla se oprime el botón Temp-Cilindros en la parte inferior. La misma muestra todas las mediciones de las temperaturas de los cilindros de los 24 motores del grupo eléctrico. En caso de exista un bloque en la medición de un cilindro o de un motor, aparecerá un cuadro en color marrón con una B en parte izquierda de cada medición. Los cuadros que muestran la medición tienen el color gris normalmente, en caso de cualquier alarma los mismos comienzan a blinkiar y toman los colores descritos para cada alarma antes mencionados. En la parte derecha de la pantalla aparece un background que indica el comportamiento de las temperaturas, si el

valor de la temperatura pasa al límite de prohibitivo parte de este segmento toma el color rojo.

Si se oprime cualquier botón con el nombre motor 1, 2,.....24, aparece una pantalla con los registros gráficos de las temperaturas de los cilindros de cada motor individual.



Figura 2.10 Grafico de la variable temperatura en cada motor.

Es necesario configurar estos gráficos, en la figura siguiente se muestra la ventana, la misma posee un botón en la parte superior izquierda que permite la configuración. A continuación da una muestra del color, cilindro y la variable que queremos visualizar.

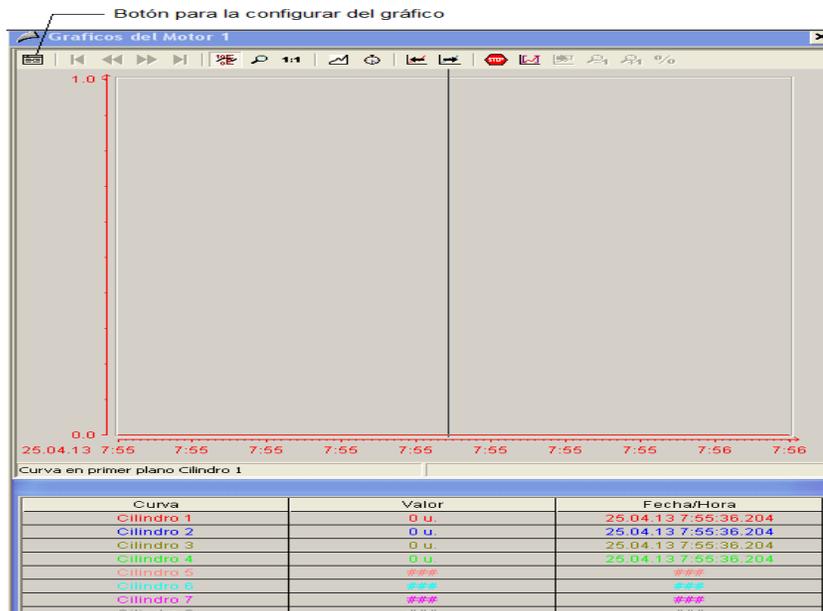


Figura 2.11 Visualización de cada cilindro.

**Alarmas:**

En esta pantalla se registran todas las alarmas que se generan en el sistema, con la fecha, hora, tipo de alarma y el motor donde se produjo. Las mismas se manifiestan en 3 colores: el color rojo cuando se genera, cuando se acusa (reconoce) toma el verde y cambia al blanco cuando desaparece la alarma.

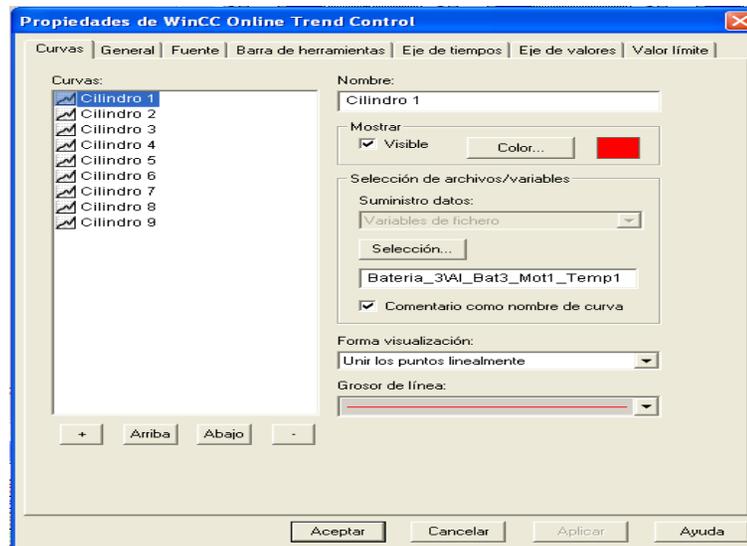


Figura 2.12 Pantalla de registro de alarmas.

## 2.8 Configuración en el Software de programación

Software de programación Concept versión 2.6 SR4 copyright 1995-1999 [5], Schneider Automation GMBH permitió asignar las funciones tanto de entradas como de salidas del sistema. Para esto inicialmente fue necesario asignar a cada variable un identificador. En la siguiente tabla (2.1) aparecen los identificadores de las baterías 1 y 2.

**Tabla. 2.1. Variables del sistema en el autómeta.**

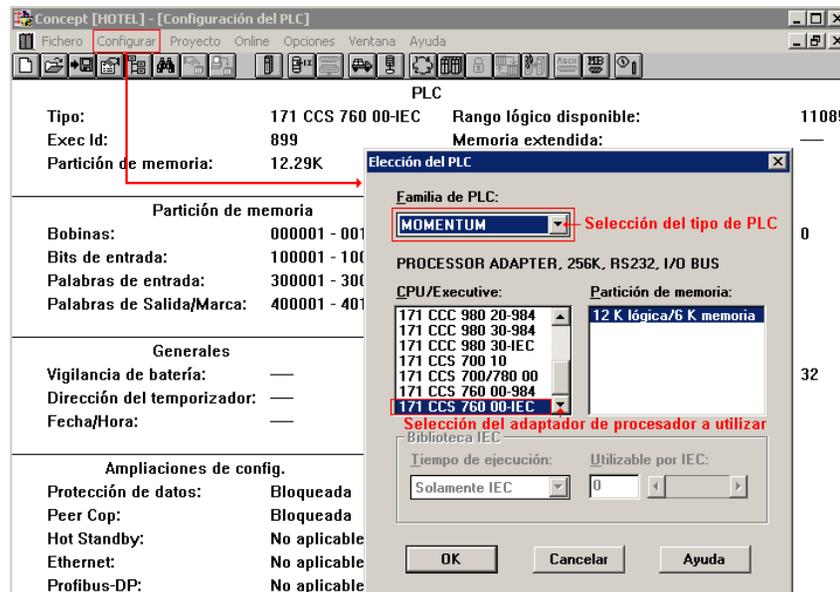
Variable	Datos	Dirección	Comentario
AI_Bat1_Mot1_Temp1	INT	300001	Temperatura1 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp2	INT	300002	Temperatura2 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp3	INT	300003	Temperatura3 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp4	INT	300004	Temperatura4 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp5	INT	300005	Temperatura5 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp6	INT	300006	Temperatura6 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp7	INT	300007	Temperatura7 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp8	INT	300008	Temperatura8 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot1_Temp9	INT	300009	Temperatura9 del motor1 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp1	INT	300010	Temperatura1 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp2	INT	300011	Temperatura2 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp3	INT	300012	Temperatura3 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp4	INT	300013	Temperatura4 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp5	INT	300014	Temperatura5 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp6	INT	300015	Temperatura6 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp7	INT	300016	Temperatura7 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp8	INT	300017	Temperatura8 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot2_Temp9	INT	300018	Temperatura9 del motor2 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp1	INT	300019	Temperatura1 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp2	INT	300020	Temperatura2 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp3	INT	300021	Temperatura3 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp4	INT	300022	Temperatura4 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp5	INT	300023	Temperatura5 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp6	INT	300024	Temperatura6 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp7	INT	300025	Temperatura7 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp8	INT	300026	Temperatura8 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot3_Temp9	INT	300027	Temperatura8 del motor3 de la bateria1
AI_Bat1_Mot4_Temp1	INT	300028	Temperatura1 del motor4 de la bateria1
AI_Bat1_Mot4_Temp2	INT	300029	Temperatura2 del motor4 de la bateria1
AI_Bat1_Mot4_Temp3	INT	300030	Temperatura3 del motor4 de la bateria1
AI_Bat1_Mot4_Temp4	INT	300031	Temperatura4 del motor4 de la bateria1
AI_Bat1_Mot4_Temp5	INT	300032	Temperatura5 del motor4 de la bateria1

AI_Bat1_Mot4_Temp6	INT	300033	Temperatura6 del motor4 de la batería1
AI_Bat1_Mot4_Temp7	INT	300034	Temperatura7 del motor4 de la batería1
AI_Bat1_Mot4_Temp8	INT	300035	Temperatura8 del motor4 de la batería1
AI_Bat1_Mot4_Temp9	INT	300036	Temperatura9 del motor4 de la batería1
AI_Bat2_Mot1_Temp1	INT	300037	Temperatura1 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp2	INT	300038	Temperatura2 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp3	INT	300039	Temperatura3 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp4	INT	300040	Temperatura4 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp5	INT	300041	Temperatura5 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp6	INT	300042	Temperatura6 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp7	INT	300043	Temperatura7 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp8	INT	300044	Temperatura8 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot1_Temp9	INT	300045	Temperatura9 del motor1 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp1	INT	300046	Temperatura1 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp2	INT	300047	Temperatura2 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp3	INT	300048	Temperatura3 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp4	INT	300049	Temperatura4 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp5	INT	300050	Temperatura5 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp6	INT	300051	Temperatura6 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp7	INT	300052	Temperatura7 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp8	INT	300053	Temperatura8 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot2_Temp9	INT	300054	Temperatura9 del motor2 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp1	INT	300055	Temperatura1 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp2	INT	300056	Temperatura2 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp3	INT	300057	Temperatura3 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp4	INT	300058	Temperatura4 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp5	INT	300059	Temperatura5 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp6	INT	300060	Temperatura6 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp7	INT	300061	Temperatura7 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp8	INT	300062	Temperatura8 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot3_Temp9	INT	300063	Temperatura9 del motor3 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp1	INT	300064	Temperatura1 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp2	INT	300065	Temperatura2 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp3	INT	300066	Temperatura3 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp4	INT	300067	Temperatura4 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp5	INT	300068	Temperatura5 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp6	INT	300069	Temperatura6 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp7	INT	300070	Temperatura7 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp8	INT	300071	Temperatura8 del motor4 de la batería2
AI_Bat2_Mot4_Temp9	INT	300072	Temperatura9 del motor4 de la batería2
DI_Reset_Alarma_Bat1	BOOL	100016	Reset de alarmas en la batería 1
DI_Reset_Alarma_Bat2	BOOL	100015	Reset de alarmas en la batería 2

DO_Alarma_General_Bat1	BOOL	000016	Salida de alarma lumínica batería 1
DO_Alarma_General_Bat2	BOOL	000015	Salida de alarma lumínica batería 2
DO_Alarma_Sonora_Bat1	BOOL	000014	Salida de alarma sonora batería 1
DO_Alarma_Sonora_Bat2	BOOL	000013	Salida de alarma sonora batería 2

### Selección del procesador

Para emprender este proyecto fue necesario elaborar una aplicación en el software Concept para el manejo del autómatas a utilizar. Para esto se creó un fichero mediante las opciones del mismo **Fichero- Nuevo proyecto** y después se seleccionó en **configurador de proyectos**. Al seleccionar estas opciones aparece una ventana de indicación como se muestra en la figura 2.13 que brinda un panorama general de los elementos de configuración. Seleccionando la opción **configurar** del menú principal y la opción **Tipo de PLC** del menú desplegable. Aparecerá la ventana selección de PLC donde se definió el PLC a utilizar para esta aplicación. El controlador empleado para esta aplicación es de la familia MOMENTUM.



**Fig.2.13 Selección del procesador a utilizar**

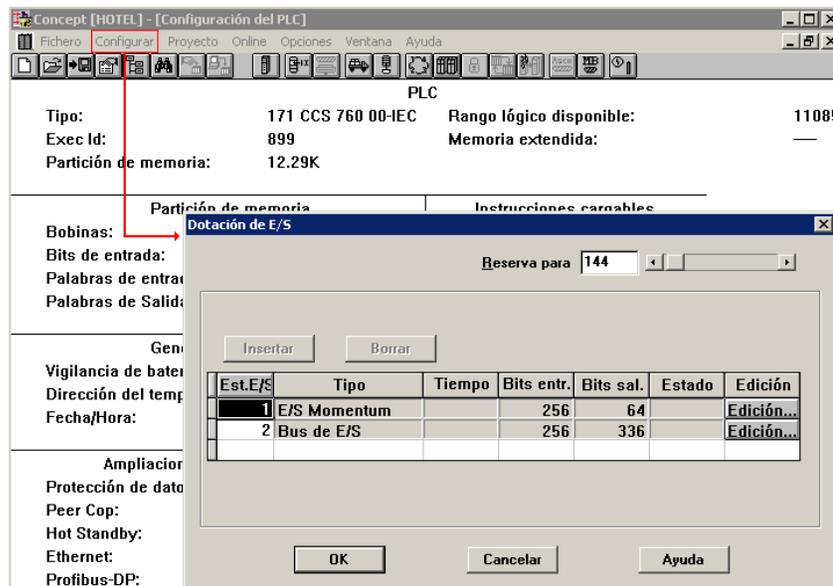
El software posee los datos del tipo de controlador de lógica programable, del tamaño de memoria del tipo seleccionado. Estos números se refieren a la cantidad de memoria de usuario del controlador de lógica programable. La memoria de usuario es la parte de la memoria RAM en la que se almacenan los diagnósticos de suma de verificación,

valores de configuración, datos de mapa de E/S, programas cargables, la tabla de bloques STAT y el programa de la aplicación de usuario.

### Mapa de entradas y salidas E/S

Mediante la opción **configurar** del menú principal (ver figura 2.14) se obtiene acceso a la pantalla Mapa de E/S. Aparecerá un cuadro de diálogo Mapa de E/S. El rótulo del campo Tipo de la pantalla lo identifica como Tipo:

E/S MOMENTUM. Esta pantalla siempre se utiliza para asignar la E/S sólo a la base de E/S local. No es posible asignar la E/S de ninguna otra base de E/S en esta primera pantalla.



**Fig.2.14 Configuración del mapa E/S**

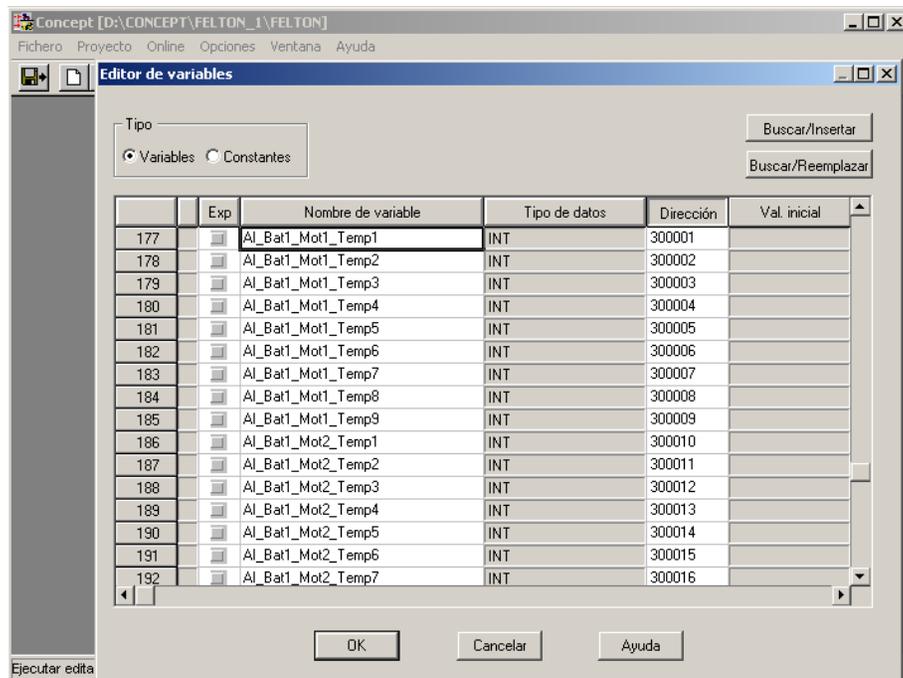
Los puntos de E/S locales son aquellos que residen en la base de E/S sobre la que se monta el adaptador de procesador M1. Como parte del proceso de configuración, se creó un mapa de E/S para la E/S local. El mapa de E/S asigna el rango y tipo de valor de referencia correspondiente (0x, 1x, 3x o 4x) del RAM de estado de la CPU a los puntos de entrada y/o salida de la base local.

### Declaración de variables.

Mediante la opción **proyecto** del menú principal o simplemente por el ícono que se muestra en la figura 2.15 se accede a la ventana de declaración de variables donde las variables a medir son configuradas dentro del software en un editor de variables en

forma de tabla. El editor de variables presenta un determinado número de campos para introducir:

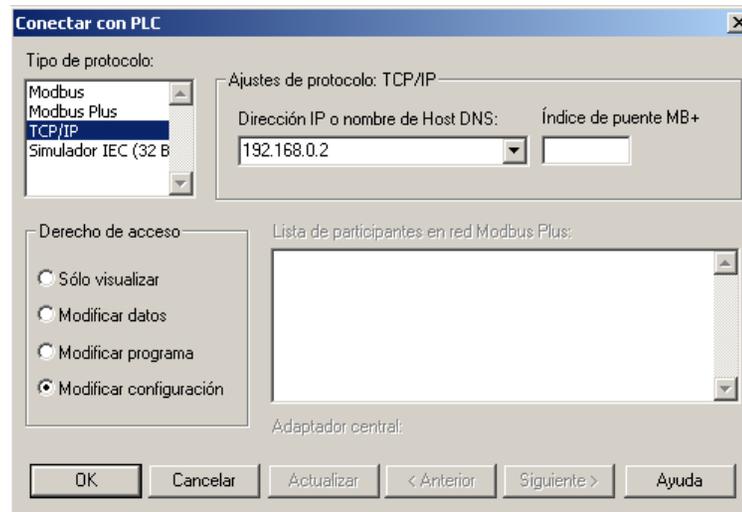
- El nombre simbólico (como se conoce la variable en el Concept)
- El tipo de datos (si es una variable o una constante).
- La dirección directa (es la dirección del canal autorizado en el autómatas).
- El comentario (breve características técnicas de la variable).
- La identificación como variable de Interfase Hombre/Máquina (IHM), para los intercambios de datos.



**Fig.2.15 Declaración de variables**

Conexión con el PLC.

Con la opción **online** del menú principal se accede a la ventana que posibilita realizar la conexión con el PLC (ver figura 2.16) y cargarle los datos en memoria. Se le define el tipo de protocolo a utilizar para la comunicación con los instrumentos y el SCADA y se ajustó el mismo definiendo la dirección de IP por la cual se ejecutarán las acciones. Ya de esta forma queda el PLC listo para operar.



**Fig.2.16 Conexión con el PLC**

## 2.9 HMI SIMATIC Multi Panel MP 377 12" Key.

Como todos los dispositivos de la serie 370, el MP 377 12" Key se puede utilizar para tareas de complejidad alta, además de proporcionar la funcionalidad normal, el rango de la aplicación puede extenderse a través de WinCC y las opciones flexibles, el acceso inteligente de aplicaciones, servicios inteligente, servicio OPC, visualización y otros [1].

### Características generales:

Interfaz MPI/DP y dos interfaces PROFINET para el funcionamiento en PROFIBUS y PROFINET.

Pantalla TFT con 64 K colores y resolución SVGA (800 x 600 pixel).

Memoria de usuario ampliada hasta los 12 MB y memoria para opciones de 12 MB.

Dos interfaces USB 2.0 estándares integrados para equipos periféricos tales como USB stick, Ratón, teclado, lectores de código de barras e impresoras

Alimentación: 24V D\C.

## 2.10 Conclusiones

La variable temperatura es de vital importancia en el régimen de operación y de mantenimiento. El sistema de medición actual debido al deterioro de los sensores de temperatura presenta baja fiabilidad, pudiendo generar averías de elevado costo.

El registro de la temperatura se realiza de forma manual por el operador sin la presencia de alarmas, lo que puede ser superado si se incorpora un sistema de SCADA para la medición de esta y otras variables, que a su vez mejoran las condiciones de trabajo del operador.

Los sistemas de medición a partir del PLC tienen la ventaja de su flexibilidad en comparación con los cableados.

## CAPÍTULO 3

### Resultados y valoración técnica económica del sistema de medición

#### 3.1 Introducción

Los motores Hyundai tenían un sistema de medición de temperatura basado en termómetros bimetálicos que se averiaban con bastante frecuencia, provocando a su vez otros daños como resultado de las altas temperaturas que afectaban las válvulas, los asentamientos de las mismas y los inyectores que traían una alta cifra en pérdidas por concepto de importación tanto en CUP como en CUC debido a la compra de estos elementos.

El sistema propuesto reduce a cero las averías y las importaciones. El desempeño del motor proporciona un mejor comportamiento con el medio ambiente contribuyendo a su cuidado.

#### 3.2 Resultado de las pruebas en el motor experimental

El sistema propuesto fue implementado en el motor No 11 en el año 2011 y hasta la actualidad mide satisfactoriamente la temperatura en cada cilindro. Conllevando esto a una reducción a cero de las averías y los gastos de mantenimiento, una buena supervisión así como una mejor condición de trabajo del operador. El despacho nacional de carga (DNC) no autoriza a poner en funcionamiento un motor si este no tiene sus instrumentos de medición en buen estado, esta es una de las importancias del sistema propuesto. Un motor fuera de servicio deja generar 2.5 MW/h con una pérdida aproximada de 1710,24 CUC/año al país.

#### 3.3 Análisis de costo de averías por deterioro de la medición de temperatura

Sobre la base del montaje del sistema propuesto y considerando los resultados experimentales obtenidos con esta prueba, se pudo comprobar que las averías ocurridas durante el período 2010-2011 para un motor que eran de 17, se redujeron a cero, representando un significativo ahorro para la economía del país y logrando a su vez una mejor eficiencia en el sistema.

Para lograr un mejor entendimiento mostraremos los datos comparativos de los costos de ambos sistemas, primeramente tomando como base un motor y luego el costo total para el resto de los generadores de la planta.

Durante el período 2010-2011 el motor experimental tuvo 17 averías en el año teniendo que cambiársele 13 termómetros a un precio de 151.20 CUC cada uno, 2 inyectores a un precio percápita de 388.77 CUC y 15 válvulas con sus asentamientos con un costo por unidad de 134.26 CUC, dando un costo total para el motor de 4754,04 CUC, y un costo de mano de obra directa ascendente a 1038.00 CUP para 102 horas de trabajo en un motor, desglosado en 81,41 CUP en 8 horas de trabajo para un técnico y cinco mecánicos.

Por concepto de tiempo de parada en mantenimiento el sistema deja de generar en el año 255 MW/h, lo que representa una pérdida de 42755.85 CUP (1710.24 CUC)

### 3.4 Costos de la propuesta de sistema de medición

En la tabla siguiente se resume el costo de los materiales utilizados en un motor pero debemos señalar que existen otros materiales que constituyen gastos y son utilizados en todos los motores de una batería.

Costo utilizando recursos de Nicaro: 111 734,37 CUC.

Costo utilizando recursos importados: 152 485,14 CUC+30%.

Descripción	cantidad	Importe(CUC)
Tarjeta de entada Analógicas	1u	888,72
Termopar	9u	1734,93
Convertidor	9u	1154,07
Cable de señales eléctricas	30 m	33,60
Riel Din	1 m	11,38
Borneras de montaje	20 u	4,53
Punteras	60 u	0,75
<b>Total</b>		<b>3827,98</b>

**Tabla 3.1 Materiales para un motor**

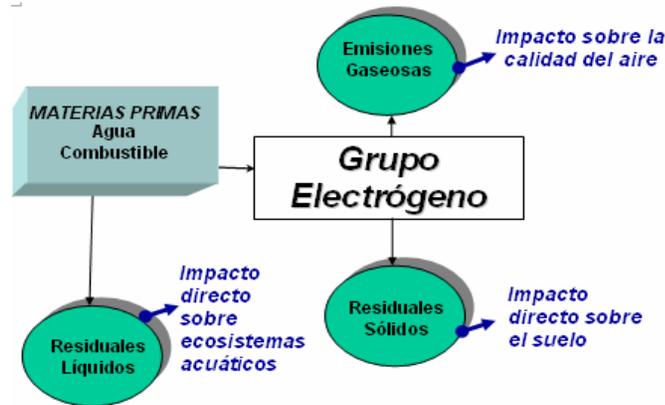
La inversión se recupera en 7,1 meses, como resultado del período de prueba mostraron efectividad e incremento de la confiabilidad del sistema de medición entonces la inversión total tendrá un valor de 111 734,37 CUC como se muestra en la tabla siguiente.

No	Descripción	UM	Cant	Precios MN	Importe Total MN	Precios CUC	Importe Total CUC
1	Modulo CPU 171CCC 960 30 IEC	u	3	0	0	1456,32	4368,96
2	Módulo AAI 140 00	u	15	0	0	888,72	13330,80
3	Módulo ADM 350 10	u	3	0	0	445,55	1336,65
4	Módulo 170 INT 110 00	u	15	0	0	150,72	2260,80
5	Cable de comunicación interbus 170 MCI 02500	u	15	0	0	51,76	776,40
6	Fuente SITOP Siemens de 10 Amp 24 VDC	u	3	0	0	240,52	721,56
7	Canaleta de PVC	mts	9	0	0	0,60	5,40
8	HMI SIMATIC Multi Panel MP 377 12" Teclas	u	3	0	0	4504,40	13513,20
9	Termopares tipo K	u	216	25,22	5447,52	192,77	41638,32
10	Convertidor de Temperatura salida 4-20mA	u	216	0	0	128,23	27697,68
11	Cable UTP	mts	750	0	0	1,12	840,00
12	Expansiones 16mm para fijar cajas	u	12	0	0	1,72	20,64
13	Angular de 45x45	mts	12	0	0	11,38	136,56
14	Conectores RJ 45	u	12	0	0	0,20	2,40
15	Extensión de compensación	mts	750	0	0	6,78	5085,00
<b>Importe Total</b>					<b>5447,52</b>		<b>111734,37</b>

Tabla 3.2 Resumen detallado de los materiales extraídos del almacén para las seis baterías.

### 3.5 Valoración ambiental

Los GEFO tienen un impacto ambiental provocado por la operación de los mismos sobre la atmósfera, los suelos y ecosistemas ver figura 3.5.1



**Figura 3.5.1 Impacto ambiental provocado por la operación de los grupos electrógenos.**

Con la modificación del sistema de medición en los cilindros de los motores HYUNDAI tenemos una supervisión y control de la temperatura de los mismos. Esto trae arraigado un mejor funcionamiento de ellos conllevando a un mejor cuidado del medio ambiente.

Existe una amortización de la contaminación por ruido debido a una mejor combustión, además de que están ubicados en naves de paneles contra este medio. Cada motor tiene un colector de gases que van a la chimenea y estos a la atmósfera donde se disuelven, debido a la eficacia del funcionamiento del motor las emisiones de NOx es baja.

Los ecosistemas acuáticos y los suelos se protegen recogiendo todo residual que emana de los grupos electrógenos estos son llevados a instalaciones encargadas de eliminar la contaminación y la posterior reutilización de estos.

### 3.6 Conclusiones

1. El sistema de medición propuesto mostró buen desempeño en el motor experimental al reducir a cero las averías.
2. La inversión para un motor resulta viable, al tener un período de recuperación de 7,1 meses, manifestando efectividad e incremento de la confiabilidad del sistema de medición.
3. El desempeño del motor proporciona un mejor comportamiento con el medio ambiente contribuyendo a su cuidado.

## CONCLUSIONES GENERALES

A modo de conclusión podemos decir que:

1- Los sensores de temperatura que traen los motores HYUNDAI por diseño presentan baja fiabilidad pudiendo generar averías de elevado costo.

2- El análisis de la variable de temperatura en los GEFO indica que a partir de las facilidades de la instrumentación existente para su adaptación a una supervisión y la inserción de termopares tipo K es posible implementar un sistema de supervisión que garantice la mayor confiabilidad de la operación. Esta solución disminuye los gastos de operación (mantenimiento), además de reducir las fallas y la salida del sistema del generador.

3- Los sistemas de medición apoyados en los PLC y SCADA presentan ventajas relacionada con el mejoramiento de las condiciones de trabajo del operador, flexibilidad en el diseño y facilidades en el registro histórico.

4- La inversión para un motor resulta viable, al tener un período de recuperación de 7,1 meses, mostrando efectividad e incremento de la confiabilidad del sistema de medición.

5- Con la modificación del sistema de medición en los cilindros de los motores HYUNDAI, hay un mejor funcionamiento de los mismos, trayendo un superior cuidado del medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

- 1- Implementar el proyecto de supervisión de temperaturas a la salida de gases de los cilindros de los motores HYUNDAI en la planta.
  
- 2- Evaluar la incorporación de este sistema de medición en otros grupos de generación.
  
- 3- Continuar evaluando el desempeño de la planta de generación para incrementar en el sistema la medición de otra variable para el proceso.

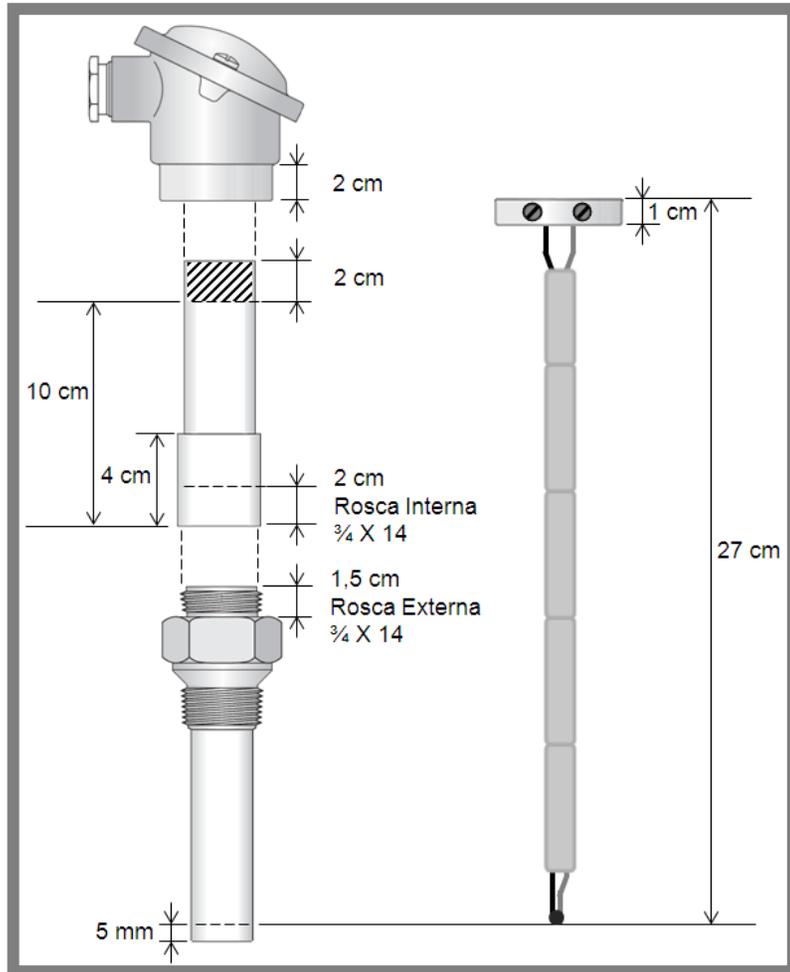
## BIBLIOGRAFÍA

1. INSTRUMENTACION DE CAMPO PARA LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS. Catálogo FI 01-2006. en <http://www.siemens.com>. Consulta 22/04/2013
2. Instrumentación Industrial. Primera parte. [Libro de Texto]. 332 p.
3. LAGE, J.et al.1989 Sistemas de Control con Microprocesadores. Editorial Científico Técnica. La Habana .Capítulo 10, pág., 153/172.
4. MORENO, P.1990. Sistemas de Microprocesadores. Editorial Científico Técnica. La Habana
5. MANUAL DE OPERACION. Sistema de programación **Concept V 2.6**. Software de programación Concept para Plataforma de automatización Momentum. Schneider Electric. España
6. MANUAL DE USUARIO. Sistema de Supervisión y Control de procesos WinCC. Grupo SIEMENS, Alemania
7. NUÑEZ, M.; RODRIGUEZ, Y. 2009 Sistema Automático de Medición para variables termo hidráulicas en la Climatización Centralizada del Hotel Blau Costa Verde Instituto Superior Minero Metalúrgico, 85 p.
8. PLATAFORMA DE AUTOMATIZACION. Modicon TSX Momentum Schneider Electric. en <http://www.modicon.com>. Consulta 19/05/2013
9. USER GUIDE TSX Momentum I/O Base España Schneider Electric . 617 p en <http://www.modicon.com>. Consulta 19/04/2013

10. VARGAS, P. 2010. Sistema de medición para variables en un enfriador de mineral reducido a escala piloto. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 89 p.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1



 [Regresar al texto](#)