



**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ
FACULTAD DE METALURGIA ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA**

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

Sistema de Monitoreo Eléctrico en la Subestación 1SD de la empresa “Cmdte. Ernesto Che Guevara”

Autor: Luis Manuel Hidalgo Vega

Tutores: MSc. Oscar W. Peña Guilarte

**Ing. Abdiel González Roblejo
Grupo Desarrollo. Taller Eléctrico.**

Moa: 2011
Año 53 de la Revolución.

PENSAMIENTO



“...aquí está una de las tareas de la juventud: empujar, dirigir con el ejemplo la producción del hombre de mañana. Y en esta producción, en esta dirección, está comprendida la producción de si mismos...”

Ernesto Guevara de la Serna.

DEDICATORIA

A todas las personas que no han traicionado la revolución cubana.

AGRADECIMIENTOS

A todas esas personas que de una manera u otra influyeron en mi formación profesional, e hicieron con su obra que eligiera conducirme de la manera correcta.

En segundo lugar a mis tutores el: MSc. Oscar Peña Guilarte y el Ing. Abdiel González Roblejo quienes me encaminaron en este mundo dentro de la investigación, y con su ayuda permitieron que terminara satisfactoriamente este trabajo, como también a técnicos del Grupo de Desarrollo del Taller Eléctrico de la Empresa Comandante Ernesto Ché Guevara, que se comportaron igual.

A mi familia, de la cual nunca me faltó el apoyo, ni la ayuda requerida en estos años de estudio. Sin ellos hubiera sido más difícil el camino a transitar. En especial a mi papá y a mi mamá por todo el esfuerzo que han realizado para que yo alcanzara el logro de mis metas en la vida y verme salir triunfal de la alta casa de estudios.

A los que incondicionalmente me brindaron sus manos lejos mi hogar, y a los que no lo hicieron:

Muchas Gracias.

RESUMEN

El presente trabajo constituye una propuesta para la realización de mejoras en las tareas de supervisión eléctrica dentro del proceso niquelífero en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara de Moa. Con el desarrollo de este sistema de monitoreo se presenta un reajuste de la red de comunicación facilitando el monitoreo supervisor de algunas subestaciones distribuidoras (SD) pertenecientes al suministro de media tensión de la industria, que anteriormente no se contemplaban, con el fin de lograr una mejor labor de gestión energética en la empresa.

La determinación de las variables eléctricas como indicadores de fallo en el monitoreo y supervisión a las subestaciones (1SD, 2SD, 3SD, 4SD, 5SD y DDP) en las distintas plantas de la fábrica constituye uno de los principales logros teniendo en cuenta que éstas no se habían definido, luego, una vez determinadas, fueron incorporadas en el CITECT; SCADA que utiliza la empresa como herramienta de supervisión. Se presenta además una propuesta de modificación de la red de comunicación (CITECT - Nport - Multilin) sobre la base del equipamiento ya instalado en algunas subestaciones, tales como: relés Multilin, dispositivos de campo Nport, entre otros.

ABSTRACT

The present work constitutes a proposal for the realization of improvements in the tasks of electric supervision within the process of Nickel extraction in the Company Commandant Ernesto Che Guevara of Moa. With the development of this supervisory system can take a way of communication net, facilitating the supervision of some current substations of the electric supply inside the industry, that they previously were not contemplated, with the end of achieving a better work of energy administration in the company.

The determination of the electric variables like indicators of failure in the substation (1SD, 2SD, 3SD, 4SD, 5SD and DDP) supervision, in the different plants of the factory, constitute one of the principal achievements keeping in mind that these had not been defined, then, once determined, were incorporated in the CITECT; SCADA that utilizes the company like tool of supervision. Is also introduced a proposal of modification of the communication net (CITECT- Nport- Multilin) on the base of the devices installed in some substations, devices like: Multilin rele, Nport field devices, like others.

INDICE

INTRODUCCION GENERAL.....	I
CAPITULO 1.....	4
1.1 Introducción	4
1.2 Definiciones generales sobre sistemas SCADA.....	4
1.3 Características de un sistema SCADA.....	5
1.3.1 Diferencias entre supervisión y control.....	6
1.3.2 Objetivos y prestaciones con los que debe cumplir un sistema SCADA.....	9
1.4 Flujo de información en sistemas SCADA.....	10
1.4.1 Definiciones sobre la adquisición de.....	11
1.4.2 Sistema de adquisición de datos.....	12
1.5 Necesidad de un sistema SCADA.....	15
1.6 Funciones de un sistema SCADA.....	15
1.7 CITECT como sistema SCADA	16
1.7.1 Arquitectura flexible.....	19
1.7.2 Funciones de CITECT según herramientas.....	20
1.8 Conclusiones Parciales.....	25
CAPITULO 2.....	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Infraestructura actual de la Empresa ECG.....	26
Dispositivo de Distribución Principal y Subestaciones.....	26
2.2.2 Descripción de la supervisión en le ECG.....	30
2.3 Análisis sobre el desarrollo del sistema de supervisión por monitoreo.....	32
2.4 Descripción de los equipos de la red de comunicación.....	36
2.5 Conclusiones Parciales.....	41
CAPITULO 3	42
3.1 Introducción.....	42
3.2 Variables a supervisar por cada subestación.....	42
3.2.2 Cantidades de Tags a supervisar en cada subestación.....	43
3.2.1 Números de Tags por tipos de armários.....	45
3.3 Resumen de señales y memorias necesarias para el procesamiento de señales.....	47

3.4 Conformación de Red.....	47
3.4.1 Niveles de la arquitectura de red.....	48
3.4.2 Propuesta de la arquitectura de red de comunicación.....	49
3.5 Implementación del proyecto de supervisión y por monitoreo en los molinos de la planta de secadero. Variables a supervisar en la Planta de secaderos	50
3.6 Diseño de pantallas.....	50
3.6.1 Pantalla Principal.....	50
3.6.2 Pantallas Secundarias.....	51
3.7 Arquitectura para el SR- 469.....	53
3.8 Valoración técnico económica del sistema.....	54
CONCLUSIONES.....	56
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	59

INTRODUCCIÓN GENERAL

La Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), es hoy en día una entidad con miras a convertirse en una empresa líder en la producción de Níquel + Cobalto, con indicadores generales al nivel de las compañías más modernas a escala internacional, con alta confiabilidad del equipamiento instalado y una disponibilidad superior al 90 %, que forma parte de la visión empresarial. Para ello se realizan una serie de acciones encaminadas a garantizar el camino hacia ese liderazgo.

El Sistema Eléctrico que sustenta la producción de níquel en la empresa es un sistema amplio y complejo en cuanto a composición, además de su heterogeneidad teniendo en cuenta que incluye 42 subestaciones transformadoras, 9 transformadores independientes, 13 líneas de salida a puntos de distribución, 68 motores, 168 interruptores en servicio y 16 de reserva, incluyendo un Despacho Eléctrico que no cuenta con los medios necesarios para garantizar un completo control del sistema, ya que no cuenta con toda la información necesaria para la correcta toma de decisiones en las operaciones que se ejecutan tanto en tiempos normales como en momentos de averías y situaciones de emergencia.

En los últimos años se han realizado algunas modificaciones y modernizaciones en el Sistema Eléctrico que aún son insuficientes para garantizar el funcionamiento eficaz del sistema, tendiendo en consideración que no se dispone de mediciones necesarias para las principales magnitudes eléctricas que caracterizan al sistema eléctrico, además de no contarse con una amplitud en la red de comunicación del sistema de supervisión, debido a la falta de la incorporación de variables que no están determinadas en las subestaciones donde no se encuentran instalados los dispositivos que garanticen la supervisión de la red de media tensión.

Situación Problemática actual

La empresa Comandante Ernesto Che Guevara posee un sistema SCADA (CITECT V: 5.42) que garantiza el control por monitoreo del proceso niquelífero, unido a la supervisión de algunas variables eléctricas en las diferentes plantas. Existen muchas subestaciones que están fuera de este alcance, lo que no garantiza todo el registro necesario de las variables eléctricas en la fábrica y contando con que el CITECT puede supervisar según la versión adquirida por la (ECG), hasta 5000 variables. Tomando como referencia lo antes expuesto, se puede concluir que en la empresa se tiene una insuficiente labor de gestión energética correspondiente con las subestaciones de media tensión.

Problema

La ausencia de una red de comunicación que permita la supervisión de las diferentes variables eléctricas en las subestaciones de media tensión: 1SD, 2SD, 3SD, 4SD, y 5SD, unido al desconocimiento de dichas variables, contribuyen a la insuficiencia en la gestión energética tanto de las subestaciones como de las plantas.

Hipótesis

Si se definen las variables eléctricas fundamentales en las subestaciones de media tensión (1SD, 2SD, 3SD, 4SD, y 5SD) para su supervisión a través del CITECT y se implementa una red de comunicación que facilite la adquisición de estas variables, se podrá disponer de una importante herramienta para lograr una eficiente gestión energética en las subestaciones de media tensión y plantas de la fábrica.

Objetivo General

Garantizar la supervisión del sistema eléctrico de media tensión en la fábrica Comandante Ernesto Ché Guevara y la contribución consecutiva al mejoramiento de la gestión energética a través de las variables eléctricas fundamentales en las subestaciones pertenecientes a este sistema eléctrico, supervisadas mediante el sistema SCADA (CITECT).

Objetivos Específicos:

- 1- Seleccionar las variables eléctricas fundamentales en las subestaciones de media tensión para su incorporación en el programa SCADA, (CITECT).
- 2- Diseñar la red eléctrica de comunicación.
- 3- Crear en el SCADA (CITECT) las pantallas necesarias para monitorear las variables definidas en la subestación de Secaderos.

Tareas de la investigación

- 1- Definir variables a medir por cada subestación de acuerdo a las necesidades del taller.
- 2- Adquisición de datos.
- 3- Crear tablas de las variables con sus direcciones.
- 4- Diseñar pantallas en el CITECT.
- 5- Establecer protocolos de comunicación entre CITECT- Nport - Multilin.

Resultados esperados

- 1- Dar la propuesta de conformación de la red eléctrica en el CITECT.
- 2- Tener la propuesta para la comunicación desde cualquier parte de la fábrica con los dispositivos del sistema eléctrico a través de la red de comunicación.

SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS

1.1 Introducción

En una empresa es necesario monitorear y supervisar la producción, con el fin de proteger los medios que intervienen en la misma, y de ahorrar el tiempo de paro de la industria, impidiéndose así en parte las pérdidas económicas y de producción por tiempo.

El monitoreo a través de computadores y redes de comunicación conectadas con el objeto a supervisar prácticamente, será posible con la utilización de sistemas SCADAS como herramientas para logra esta tarea.

1.2 Definiciones generales sobre SCADA.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition): Control Supervisor y Adquisición de Datos. Está definido como un sistema central que mediante un control por monitoreo permite supervisar a distancia un objetivo, o varios. El control puede ser a plantas de producción en una industria, máquinas, procesos etc.

En caso de avería, se le alerta mediante los monitores, al personal que se encuentra de turno como controladores, y los mismo se encargarán de accionar directamente la puesta en fuera de servicio del suministro eléctrico al objeto dentro del fallo.

El control sobre el objeto es realizado automáticamente por una **RTU** (Unidad Terminal Remota), conectada a un **PLC** (Controlador Lógico Programable) como muestra la Figura 1.1, y contándose también con el desarrollo actual por un: **PAC** (Controlador Automático Programable). El control del servidor presenta funciones restringidas a reajustes básicos del objetivo específico o capacidades del nivel de supervisión. Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua a través de un variador de frecuencia, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. La realimentación del lazo de control es cerrada a través de la UTR o el PLC; el sistema SCADA monitorea el

desempeño general de dicho lazo y también puede mostrar gráficas con históricos, tablas con alarmas y eventos, permisos y accesos de los usuarios.

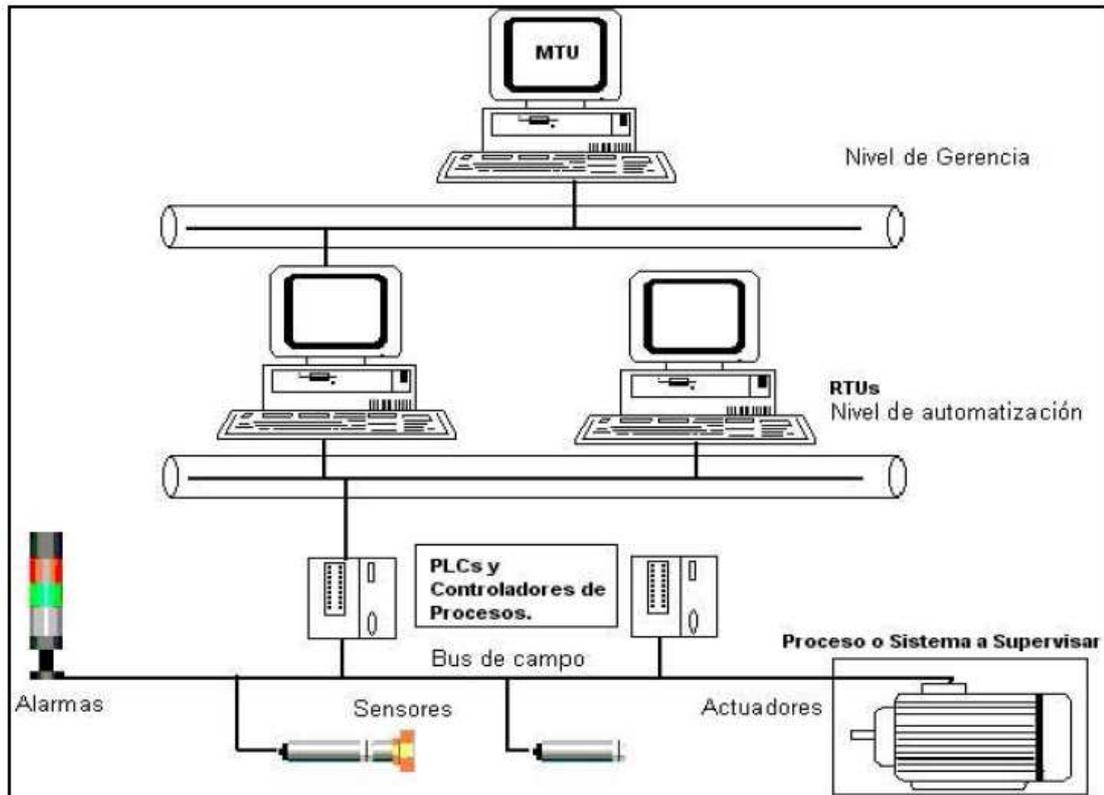


Figura 1.1 Estructura Básica de un sistema SCADA a nivel de hardware.

1.3 Características de un sistema SCADA.

A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, en los SCADA el lazo de control es generalmente cerrado por el operador.

Los **Sistemas de Control Distribuido** se caracterizan por realizar las acciones de control de forma automática.

En la Tabla 1.1 se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los Sistemas de Control Distribuido (DCS) (Estas características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas).

Tabla 1.1 Algunas diferencias típicas entre sistemas SCADA y sistemas DCS.

ASPECTO	SCADA	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

En la actualidad es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador.

1.3.1 Diferencia entre monitorización y supervisión.

Monitorización y supervisión son términos relacionados en los sistemas, pero que se diferencian en cuanto a que la acción de monitoreo muestra toda la información del proceso sin posibilidad de actuar sobre el mismo, y un sistema de supervisión: presta libertad de actuar sobre el proceso en cuestión.

El mérito de los sistemas SCADA está en poseer la característica de **control supervisado**. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada, por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control...) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control.

Supervisor puede definirse como, acceso al chequeo cuidadoso y comparativo que mediante un examen correctivo este permitiendo accionar sobre el objetivo supervisado. Esta tarea del supervisor es delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. El supervisor presenta la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo. La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface) Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos, ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentarias mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un *reset*. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar

comercialmente el mismo). Ciertamente es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI (Human Machine Interfax).

Los SCADAS pueden realizar tareas como: La **adquisición y almacenado de datos**, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.

Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas

Ejecutar **acciones de control**, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación

Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación

Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.

Transmisión, de información con dispositivos de campo y otros PC.

Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.

Presentación, el sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada, a través de la Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface). Por ejemplo un dibujo de una bomba conectada a la tubería puede mostrar al operador cuanto fluido está siendo bombeado desde la bomba a través de la tubería en un momento dado o bien el nivel de líquido de un tanque o si la válvula está abierta o cerrada como muestra la Figura 1.2. Los diagramas de representación pueden consistir en gráficos de líneas y símbolos esquemáticos para representar los elementos del proceso, o pueden consistir en fotografías digitales de los equipos sobre los cuales se animan las secuencias.

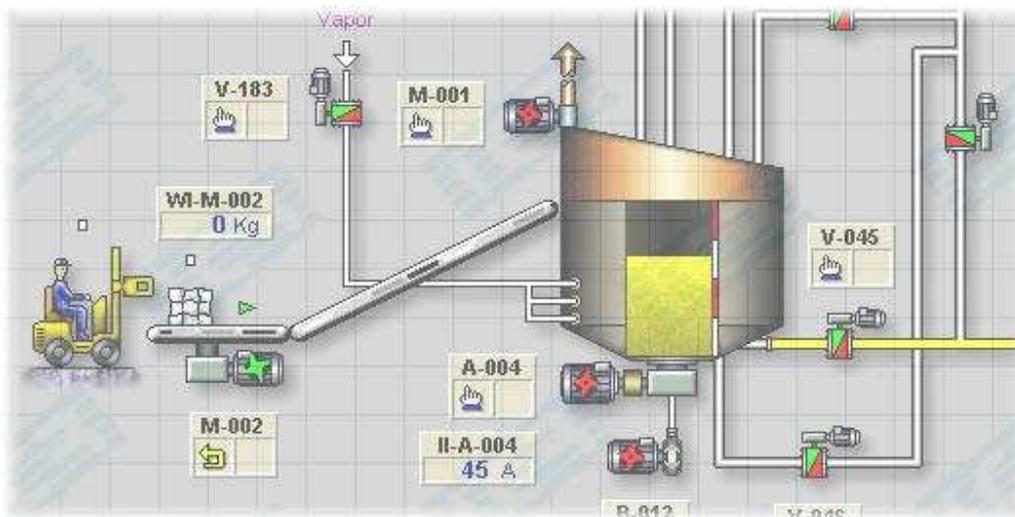


Figura 1.2 Ejemplo del (HMI) de un software SCADA

Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.

Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

1.3. 2 Objetivos y Prestaciones con los que debe cumplir un sistema SCADA.

Objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones.
- Bullet, Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

1.4 Flujo de información en los sistemas SCADA.

Descripción del flujo de la información en los sistemas SCADA:

El *FENÓMENO FÍSICO* lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, ph, densidad, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los *SENSORES* o *TRANSDUCTORES*. Los *SENSORES* o *TRANSDUCTORES* convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital. Para ello se utilizan *ACONDICIONADORES DE SEÑALES*, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislación eléctrica y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de transientes y ruidos originados en el campo.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital el elemento que hace la transformación a señal digital es el módulo o tarjeta de *ADQUISICIÓN DE DATOS (DAQ)*, equivalente en el bloque de *CONVERSIÓN DE DATOS*, como muestra la figura 1.3. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. El computador almacena esta información, la cual es utilizada para su *ANÁLISIS* y para la *TOMA DE DECISIONES*. Simultáneamente, se *MUESTRA LA INFORMACIÓN* al usuario del sistema, en tiempo real. Basado en la información, el operador puede *TOMAR LA DECISIÓN* de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital en una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una *SALIDA DE CONTROL*, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la escala para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc.

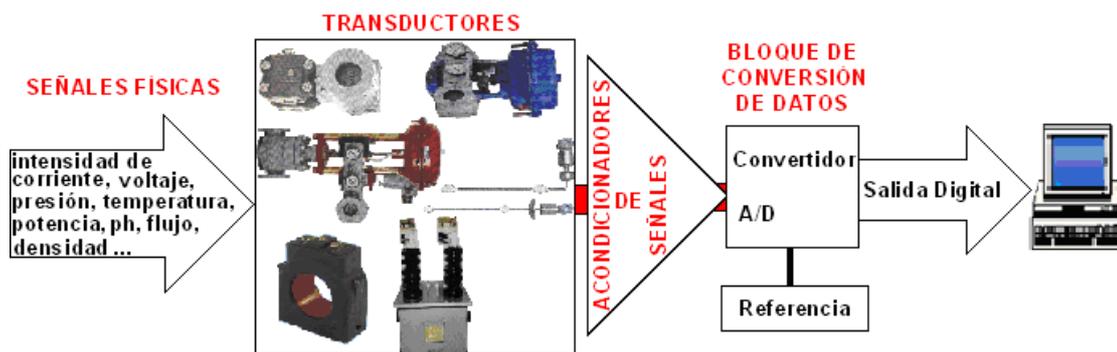


Figura 1.3 Diagrama de bloque que representa el flujo de información en un sistema SCADA.

1.4.1 Definiciones sobre la adquisición de datos del programa.

Proceso de adquisición de datos (definiciones):

Dato: Representación simbólica (numérica, alfabética...), atributo o característica de un valor. No tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente tratado (procesado) se puede utilizar en la relación de cálculos o toma de decisiones.

Adquisición: Recogida de un conjunto de variables físicas, conversión en voltaje y digitalización de manera que se puedan procesar en un ordenador.

Sistema: Conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales, se envían a través del bus de datos a la memoria del PC. Una vez que los datos están en memoria pueden procesarse con una aplicación adecuada, archivarlas en el disco duro, visualizarlas en la pantalla, entre otras.

Bit de resolución: Número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.

Rango: Valores máximo y mínimo entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funcionan bajo unas especificaciones.

1.4.2 Sistemas de adquisición de Datos (S. A. D.)

No es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, y de forma general puede estar compuesto por elementos tales como: Sensores, Amplificadores operacionales, Amplificadores de instrumentación, Aisladores, Multiplexores analógicos, Multiplexores digitales, Circuitos Sample and Hold, Conversores A-D, Conversores D-A, Microprocesadores, Contadores, Filtros, Comparadores y Fuentes de potencia, que funcionan interconectados como muestra la Figura 1.4, con un mismo objetivo.

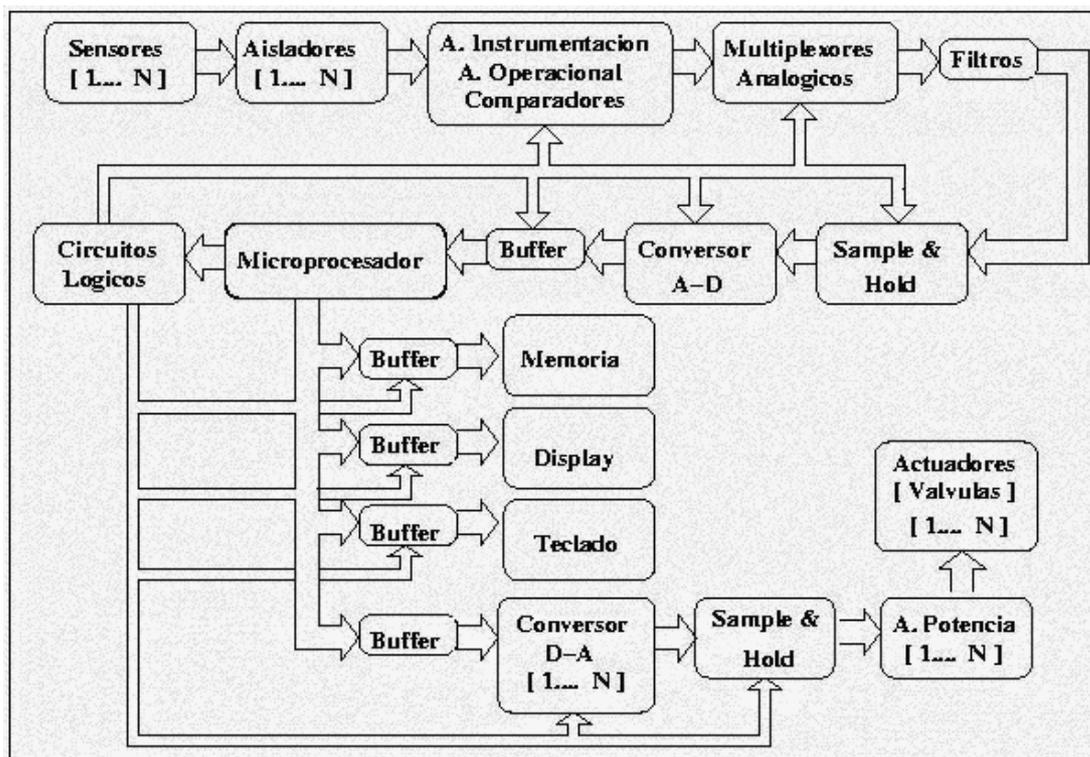


Figura 1.4 Diagrama General de un SAD.

La **Adquisición de Datos** del programa, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador (sistema digital), como se muestra en la Figura 1.5. Consiste, en tomar un conjunto de variables físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con los componentes de los sistemas de adquisición de datos, poseen sensores adecuados que convierten cualquier parámetro de medición de una señal eléctrica, que se adquiere por el hardware de adquisición de datos. Los datos adquiridos se visualizan utilizando el software suministrado. Los controles y visualizaciones se pueden desarrollar utilizando varios lenguajes de programación de propósito general. Los lenguajes especializados de programación utilizados para la adquisición de datos incluyen EPICS, utilizada en la construcción de grandes sistemas de adquisición de datos, LabVIEW, que ofrece un entorno gráfico de programación optimizado para la adquisición de datos, y MATLAB.

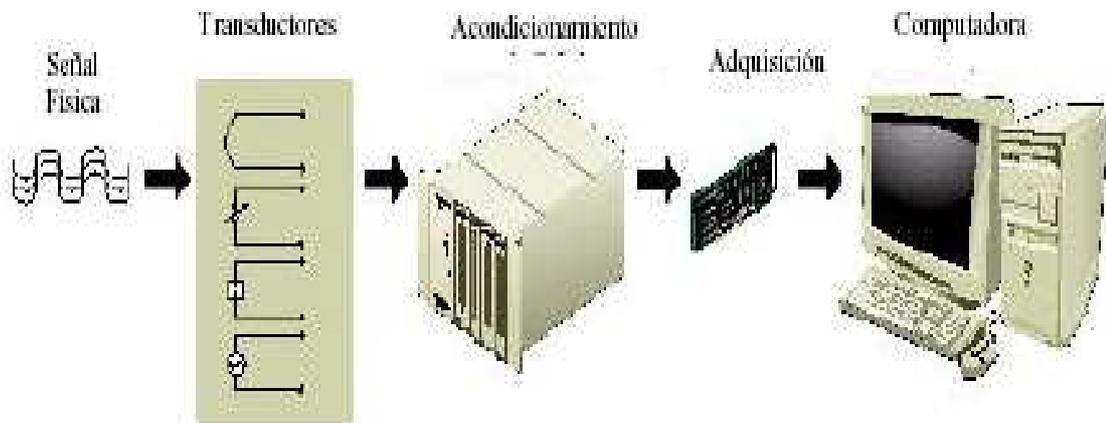


Figura 1. 5 Representación visual de un (S. A. D.)

De la misma manera que se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital para enviarla al ordenador, se puede también tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica. En este caso el elemento que hace la transformación es una tarjeta o módulo de Adquisición de Datos de salida, o tarjeta de control. La señal dentro de la memoria del PC la genera un programa adecuado a las aplicaciones que quiere el usuario y, luego de procesarla, es recibida por mecanismos que ejecutan movimientos mecánicos, a través de servomecanismos, que también son del tipo transductores.

Los **sensores o transductores** tienen un rol vital en todo SAD ellos tienen la función de convertir la variable física que se desea registrar en una magnitud eléctrica (voltaje, corriente, resistencia, capacidad, Inductancia, etc.). Entre las magnitudes físicas más importantes a registrar tenemos: temperatura, humedad, presión, concentración, iluminación, flujo, posición, nivel, peso, etc. Diversas pueden ser las variables ambientales, industriales, biológicas, químicas, etc. que en un momento determinado podemos necesitar controlar, esto provoca que sean también numerosos los tipos de sensores así como su principio de funcionamiento, lo cual determina generalmente el costo del sensor que será necesario utilizar.

1.5 Necesidad de un sistema SCADA:

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

1. El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
2. El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
3. La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
4. La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
5. Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como un aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad.
6. La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

1.6 Funciones de un sistema SCADA:

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- a) Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- b) Ejecutar acciones de control diario de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

- c) Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación menor de 1 segundo, y la carga completa de una página de registros históricos menor de 4 segundos.
- d) Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

1.7 CITECT como sistema SCADA:

Una de las soluciones en el control SCADA es utilizando un programa para monitorizar, controlar y automatizar señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos. Uno de los programas más utilizados para este fin es el CITECT SCADA.

CITECT es una marca registrada de Ci Technologies Pty. Limited (empresa), empleable desde su aparición en 1992, en proyectos de gran escala de monitoreo e intercambio de información, mejorando drásticamente la calidad de los sistemas de gestión de la planta.

Este es un software de proceso de gran facilidad de escalabilidad, confiabilidad y factibilidad en muchas aplicaciones de un gran número de industrias de proceso, siendo un prestigioso sistema de software de automatización industrial que permite al usuario la reducción de costes por optimización de las operaciones por producción. Basado en una auténtica arquitectura cliente servidor, proporciona máxima flexibilidad, reconocida fiabilidad, rápida instalación y una funcionalidad de fácil gestión.

Características como la redundancia real estilo DCSy una política de integración de aplicaciones en un solo paquete de software marcan la diferencia entre este programa y sus competidores. En los sistemas CITECT se incluyen todas las características, drivers y controladores, y al venderse como paquete completo, todo está rigurosamente integrado y puesto a punto para cumplir con su función.

Al contrario que otros sistemas de control basados en PC, este se diseñó desde el principio para hacerse cargo de todas las necesidades de empresas grandes y complejas con un sistema sencillo e integrado, aportando al mismo tiempo un alto nivel de prestaciones y fiabilidad.

En el SCADA un servidor de archivos actúa solamente como un almacén centralizado de archivos, distribuyendo datos sin procesar, a petición del cliente. A continuación, el cliente procesa y filtra los datos localmente, generando un alto tráfico innecesario en la red. Sin embargo, con la arquitectura cliente-servidor, la mayor parte de la gestión y proceso de datos la realiza el servidor. Esto permite por tanto que el cliente pueda solicitar información muy específica. Esto significa que a través de la red solamente se envían paquetes pequeños de **datos limpios**, reduciendo por tanto la carga de la red.

CITECT es el sistema en tiempo real que garantiza una respuesta de altas prestaciones y la integridad de los datos ya que la Red de Datos Virtuales (VDN) del mismo proporciona la base para una arquitectura tipo cliente servidor de gran versatilidad y potencia.

Para obtener las máximas ventajas de la arquitectura cliente servidor, se debe utilizar un nivel de tarea.

Cada tarea trabaja como un módulo de cliente y/o de servidor bien diferenciado, desarrollando su propio cometido, y enlazándose con otras tareas por medio de esta relación.

La siguiente tabla (1.2) muestra las tareas en las que se divide funcionalmente CITECT, y siguiendo el texto a continuación se describen cada una de estas tareas.

Tabla 1.2 Tareas en las que se divide funcionalmente CITECT.

E/S	Gestiona, y optimiza todas las comunicaciones.
Alarmas	Monitoriza todo tipo de alarmas: analógicas, digitales, y SPC.
Informes	Controla, programa, y ejecuta operaciones de información.
Curvas de Tendencia	Recoge, registra, y gestiona datos de Curvas de Tendencia y SPC.
Visualización	La interfaz Hombre Máquina (HMI). Interconecta con otras tareas manteniendo la visualización, regenerando datos de pantalla, y ejecutando comandos.

La tarea de **E/S** se encarga de la comunicación con los dispositivos de **E/S** requerida por las otras tareas, y en este caso hace de servidor de las otras tareas (que son sus clientes).

Al mostrarse una pantalla, la tarea de **Visualización** (cliente) solicita los datos específicos de la tarea **E/S** (servidor). El servidor **E/S** reúne y clasifica los datos en bruto y responde al cliente de **Visualización** solamente con los datos solicitados.

El servidor de **Alarmas** reúne y clasifica los datos en bruto solicitados al servidor de **E/s**. Si aparece una lista de alarmas, el cliente de **Visualización** solicita los datos específicos de las alarmas al servidor de **Alarmas**.

Los servidores de **Curvas de Tendencia** e **Informes** trabajan de la misma forma que los servidores de **E/S** y de **Alarmas**, proporcionando datos de proceso a sus clientes.

Cuando en un informe vayan incluidos datos de **Curvas de Tendencia** y **Alarmas**, el servidor de **Informes** hará en realidad de cliente de los servidores de **Curvas de Tendencias** y **Alarmas**. Cuando se ejecuta un informe, el cliente de Informes solicitará la información al servidor apropiado.

Puesto que los servidores están diseñados para soportar múltiples clientes, para añadir un nuevo cliente de **Visualización** sólo son necesarios unos pocos clics con el ratón en el nuevo PC – sin interferir con la instalación actual del sistema.

Ambos clientes de **Visualización** obtienen su información del mismo servidor **E/S**. La VDN se amplía de esta forma a toda la LAN - sin pérdida de funcionalidad.

Si se dispone de servidores auxiliares, la arquitectura soporta redundancia. Por ejemplo, si se añade un servidor redundante de **Alarmas**, el de reserva está preparado para sustituir al servidor principal en caso de fallo.

Incluso si todas las tareas se dividen en distintos PCs interconectados por una LAN, se mantiene la misma relación cliente servidor tipo real.

Uno de los factores más importantes en el establecimiento de una aplicación cliente-servidor rápida y eficiente es mantener la captación de datos del servidor al mínimo; al aumentar el volumen de datos, se hacen más evidentes las ventajas de este tipo de aplicación.

El proceso centralizado tiene la ventaja de que se pueden guardar todos los datos, y realizar todo el proceso, desde un solo lugar. Por otro lado, el proceso distribuido permite compartir la carga de trabajo por varios computadores. CITECT permite aprovechar las ventajas de ambas tecnologías.

1.7.1 Arquitectura flexible:

Flexibilidad es la capacidad de disponer la arquitectura del sistema de diversas formas. En vez de dejarle supeditado a un solo método, CITECT le permite elegir su propia arquitectura del sistema proporcionándole las mejores prestaciones de los dos procesos centralizado y distribuido.

Debido a que las tareas en las que se divide CITECT son independientes realizando su propio procesamiento presenta esta exclusiva arquitectura que le permite tener control sobre los computadores del sistema que realicen cada tarea. Por ejemplo se puede asignar un computador para realizar las tareas de visualización, E/S, y Curvas de Tendencia.

El CITECT es aplicable para instalaciones con redes y un gran número de datos, pero aunque se tenga un sistema sencillo este puede crecer tanto como sea necesario.

1.7.2 Funciones del CITECT según herramientas:

La función principal de cualquier sistema SCADA es la transferencia rápida y segura de información con la pantalla de producción. Un sistema con una transferencia de datos lenta debido a cuellos de botella presenta el riesgo de perder información, CITECT utiliza automáticamente la optimización dinámica y la multitarea prioritaria para aumentar al máximo el rendimiento del sistema, este programa SCADA está configurado con las siguientes herramientas:

Gráficos RAD: Los Gráficos Rapid ApplicationDevelopment (RAD) garantizan una interfaz de usuario intuitiva y sistémica.

Símbolos: Cuando se utiliza frecuentemente el mismo gráfico, se puede guardar en una librería – como un símbolo, y utilizarlo posteriormente para no tener que volver a dibujar.

Genios: Si se tiene varios dispositivos del mismo tipo, la configuración de las representaciones gráficas se puede realizar fácilmente utilizando Genios.

Soporte de Clientes de Internet: Proporciona flexibilidad para acceder a plantas remotas, usuarios con computador portátil, y suministradores a través de Internet.

Proyectos Multi – Idioma: Un solo proyecto puede ejecutarse en cualquier número de idiomas.

Informes: El Sistema de Informes es una parte totalmente integrada en el producto.

Curvas de Tendencia: El sistema de Curvas distribuido puede manejar un gran número de variables sin comprometer las prestaciones ni la integridad de los datos.

Alarmas: Un sistema eficiente de alarmas permite aislar e identificar los fallos rápidamente, reduciendo el tiempo de paro.

Redes: Las redes son importantes en el control centralizado de aplicaciones distribuidas, no hay un tipo de red que se adecue para todas las aplicaciones distribuidas. Este programa presenta amplia gama de tipos de redes.

Interconexiones: El papel principal del HMI es proporcionar una interfaz con los Dispositivos de E/S, y a través de ellos, con la maquinaria de la planta.

Monitorización de Dispositivos Remotos de E/S: Con la utilización de modems estándar, la Monitorización de Dispositivos Remotos E/S da un método eficiente de comunicación con dispositivos situados en lugares remotos.

Adquisición de Datos (Data Logging): Con esta función se permite registrar información de tipos diversos, sin restringir, ni el tipo ni la localización física de los dispositivos a los que se envía.

Trazado de curvas X, Y: Las curvas X, Y permiten registrar detalles de rendimiento y de producción. Se pueden visualizar gráficos sofisticados para tipos de datos.

Control Estadístico de Procesos SPC: Para una representación gráfica de la calidad del producto, se pueden utilizar diagramas de Control Estadístico SPC, y evitar desviaciones fuera de las aceptables ante de que ocurran.

Comandos y controles: Los comandos y controles proporcionan al operador una fácil interacción con el funcionamiento en tiempo real.

Acumuladores: Los acumuladores permiten el seguimiento en tiempo real de datos incrementales.

Eventos: Los eventos se pueden activar para que activen acciones cuando ocurran.

Cicode: Diseñado específicamente para aplicaciones de monitorización y control de plantas, Cicode permite ampliar la funcionalidad de CITECT para amoldarse a sus necesidades.

Explorador de CITECT: Este Explorador es el núcleo del proceso de configuración. Simplifica la gestión de proyectos, permitiendo el acceso y la modificación de cualquier parte del proyecto, mediante una interfaz como se muestra en la Figura 1. 6.

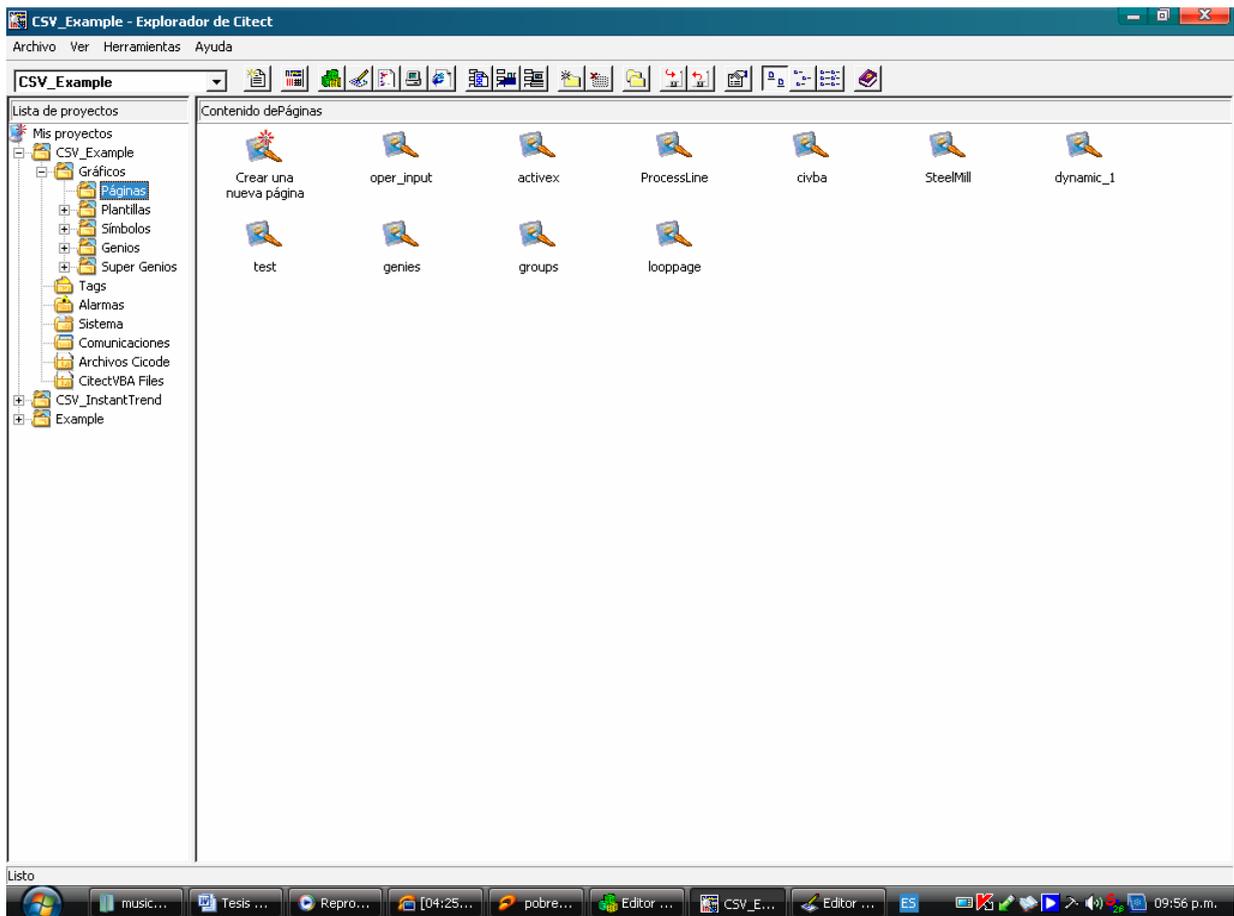


Figura 1. 6 Ventana Explorador CITECT (SCADA).

Esta es una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos...) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

Editor Gráfico: El Editor Gráfico permite el diseño rápido y fácil de una interfaz intuitiva de operador para el sistema.

Editor/ Depurador Cicode: El Editor/ Depurador de Cicode es un entorno de programación totalmente integrado, específicamente diseñado para escribir y depurar Cicode.

Ayuda En Línea: La Ayuda En Línea dispone de más de 400 páginas de información, la ayuda es completa, estructurada lógicamente, es fácil buscar en ella y es fácil de comprender.

Proyecto de Ejemplo: El Proyecto de Ejemplo se suministra con CITECT – totalmente configurado, su utilidad es para aportar ideas de cómo configurar el proyecto real.

Asistente de Configuración del Computador: El Asistente de Configuración del Computador configura el computador para ejecutar el programa SCADA.

Comunicación con Dispositivos de E/S: El Asistente de Comunicación con Dispositivos de E/S conseguirá la comunicación en menos de 60 segundos.

Plantillas de Página: Las plantillas son diseños de páginas, que se pueden adaptar al propio entorno.

Bases de datos comunes: Al importar Bases de Datos directamente de los paquetes de programación de los PLCs, se facilita la configuración de nuevos sistemas, y existen drivers para la conexión con algunos de los paquetes de programación más utilizados y las herramientas para crearse otros uno mismo.

Extensiones ActiveX™: Se permite a los usuarios incorporar funciones de terceros como clientes de visualización de controles de lotes, vídeos, C++, e interfaces de Visual Basic.

Copia de Seguridad y Restauración del Proyecto: Al hacer una copia de seguridad del proyecto se garantiza que no se pierdan datos importantes si se daña el disco duro del computador.

Proyectos en Idiomas Locales: Permite configurar su proyecto en su idioma nativo, visualizándolo en cualquier idioma durante el Runtime.

En general hablamos de un sistema cuya función principal es la de capturar información y proporcionar una interfase para control de equipos específicos como controladores autómatas programables (PLCs), unidades de terminales remotas (RTUs), etc. Y es una solución HMI/SCADA (interfase máquina humano/SCADA) que permite implementar sistemas de control fiables, herramientas de configuración y características que permiten desplegar soluciones para automatización de plantas de diversos tamaños las características del software son:

- Visualización gráfica del proceso.
- Gestión de alarmas.
- Opciones de clustering.
- Tendencias históricas y en tiempo real.
- Informes integrados.
- Control del proceso estadístico. Esta información del proceso es útil para controlar por ejemplo la calidad del producto, usando paquetes estadísticos para supervisión y análisis de datos.
- Lenguajes de programación multi - threaded CITECT VBA y Cicode.
- Herramientas de análisis poderosas. El sistema puede integrarse fácilmente con sistemas comerciales de gestión empresarial.

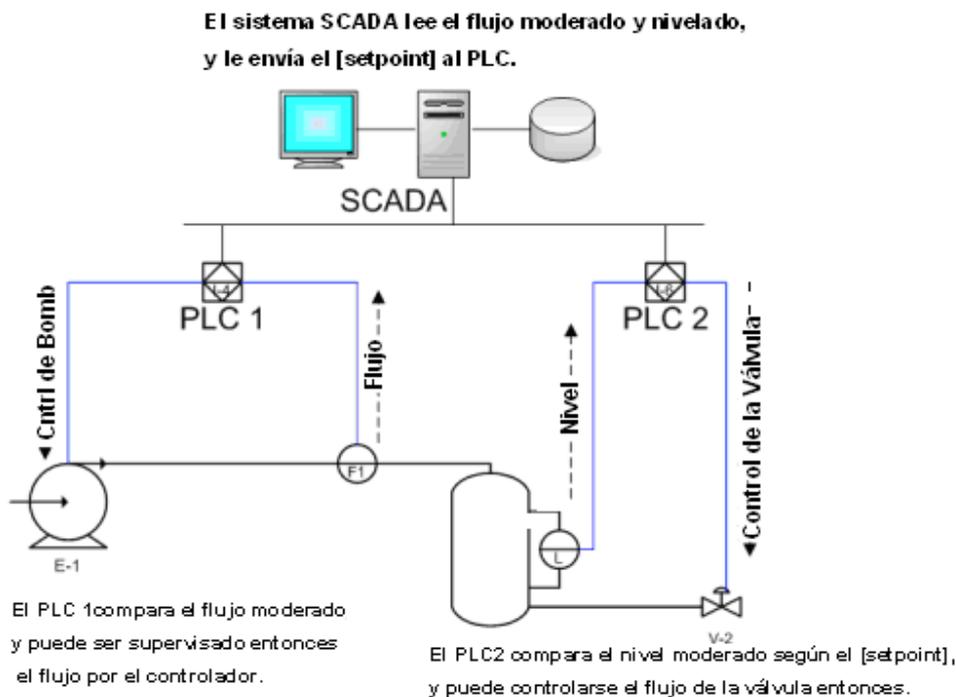


Figura 1.7 Ejemplo de la aplicación del sistema SCADA como lazo cerrado en áreas industriales.

En estas áreas como muestra la Figura 1.7 las tareas a las que puede estar destinado CITECT pueden ser:

- Monitorizar procesos físicos o de transporte en sistemas industriales, para controlar la distribución de energía eléctrica.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallos, índices de fiabilidad, entre otros).
- Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción y tolerancias).
- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más).
- Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos).

1.8 Conclusiones Parciales.

Con el presente trabajo se pretende mediante la utilización del programa SCADA (CITECT), contribuir al desarrollo de la Empresa Ernesto Che Guevara, referente a las redes de Media Tensión. Utilizando dicho programa como una herramienta para el control y la monitorización de estas redes.

Debido a que la instalación actual no satisface las necesidades de la empresa por su corto tamaño, se pretende expandir las utilidades del programa de supervisión a todas partes de la red, para garantizar el rendimiento del sistema eléctrico y por ende el funcionamiento productivo que depende de esta red de alimentación.

Sin dejar de mencionar que una vez instaurado y puesto en marcha, la supervisión en las líneas será más efectiva como consecuente los costos por fallos disminuirán, contribuyendo al ahorro del tiempo y de la energía en la producción.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA QUE SE ANALIZA.

2.1 Introducción

La supervisión y monitoreo de sistemas eléctricos es una necesidad que interviene de una forma efectiva en la eficiencia, eficacia y confianza en las operaciones de mantenimiento de todos los dispositivos que intervienen en la generación, y distribución de la energía eléctrica de una empresa tan importante para la economía del país como la Ernesto Che Guevara, una planta de producción de níquel a nivel mundial.

Mediante el análisis de los dispositivos que intervienen en el sistema de suministro eléctrico, como de la infraestructura actualmente existente en dicha empresa, dará la medida de los cambios que necesariamente se deberán hacer con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo.

2.2 Infraestructura actual de la empresa.

El sistema de suministro eléctrico de la Empresa Comandante Ernesto Ché Guevara se encuentra subdividido en cuatro secciones de barra (I-IV), con alimentación propia, mediante dos unidades generadoras de 12 MW cada una, las cuales están conectadas a la sección I y III respectivamente y posee a la vez dos enlaces permanentes con el Sistema Energético Nacional (SEN) a través de dos líneas proveniente de la subestación de Punta Gorda, y dos transformadores de 40 MVA ubicados en la misma, el enlace se realiza a una tensión de 10.5kV, sobre las barras II y IV respectivamente. La subestación de Punta Gorda recibe energía por una línea doble circuito de 220 kV (provenientes de Cueto y Felton) y brinda servicio por dos líneas simple circuito a 110 kV.

2.2.1 Dispositivo de Distribución Principal, y Subestaciones.

La empresa cuenta con un Dispositivo de Distribución Principal (**DDP**), y el mismo cuenta con cuatro secciones de barras (I-IV) como se detalló anteriormente. Cada

sección de barra está enlazada entre sí a través de un reactor, incluyendo la sección I y IV, las cuales tienen un interruptor que brinda la posibilidad de estar enlazada o no, de modo que si está enlazada, se incrementará considerablemente los niveles de cortocircuitos producto a las grandes corrientes que aportarían los motores sincrónicos y motores asincrónicos de gran potencia conectados a la sección de barra IV.

El sistema está subdividido en cinco subestaciones distribuidoras (1SD...5SD), transformadores de uso de planta, transformadores de potenciales, entre otros. De las cinco subestaciones de distribución, la fundamental es la **1SD**, la cual tiene instalados los equipos de mayor potencia e importancia del proceso productivo. Las subestaciones de distribución **3SD y 4SD** están alimentadas directamente de la **2SD**. Cada sección de barra está dividida en dos y enlazada con la principal con reactores. A continuación serán detalladas todas las secciones de barras del **DDP**.

Para la sección uno del **DDP** la barra se encuentra alimentada con 10.5 kV por el Turbo Generador número 1, a través de un interruptor de aceite ubicado en el armario 19. De dicha barra se alimentan las siguientes cargas:

- Subestación de distribución **1SD-1**.
- Subestaciones transformadoras TP- 7 y TP- 20.
- Transformador **1T** de la subestación de distribución **2SD**.
- Transformadores de necesidades propias de plantas **21T y 41T**.
- Salida de reserva.
- Enlace con la sección de barra dos mediante un reactor.
- Enlace con la sección de barra cuatro mediante otro reactor.

Para la sección dos del **DDP** la barra está alimentada con 10.5 KV por el **1T** de 40 MVA. Se encuentran conectadas las siguientes cargas:

- Subestación de distribución **1SD-**.
- Subestaciones transformadoras TP- 6(1T) y TP- 8(1T).
- Subestación de distribución **5SD- 1**.

- Transformador **2T** de la subestación de distribución **2SD**.
- Transformadores de uso de plantas **20T**, **40T** y **80T**.
- Enlace con la sección de barras tres mediante un reactor.

Para la sección tres del **DDP** la barra está alimentada con 10.5 kV por el Turbo Generador número 2, a través de un interruptor de aceite ubicado en el armario 67. En dicha barra se encuentran conectadas las siguientes cargas:

- La subestación de distribución **1SD** - 3.
- La subestación de distribución **5SD**- 2.
- Las subestaciones transformadoras TP-12(2T) y TP-14(2T).
- Transformadores de uso de plantas 81T, 42T y 22T.
- Las subestaciones transformadoras TP- 6(2T) y TP- 8(2T).
- Enlace con la sección de barra cuatro mediante un reactor.

Para la sección cuatro del **DDP** la barra está alimentada con 10.5 KV por el transformador **2T** de 40 MVA. Se encuentran conectadas las siguientes cargas:

- Subestación de distribución **1SD**- 4.
- Transformador **3T** de la subestación de distribución **2SD**.
- Subestaciones transformadoras TP-12(1T) y TP-14(1T).
- Transformadores de uso de plantas 23T y 82T.
- Línea que alimenta al CILA.

Las diferentes subestaciones de distribución están divididas en varias secciones de barras, las cuales se encuentran enlazadas mediante un interruptor normalmente abierto, preparado para una Conexión Automática de Reserva (**CAR**), que funciona para la ausencia de tensión en la alimentación ya sea provocado por una avería o una desconexión premeditada, a su vez permitiendo el paso de toda la carga de la barra desconectada a la barra adyacente.

La subestación de distribución **1SD** es la más importante de la empresa, la misma se encuentra dividida en cuatro secciones de barras enlazadas de la manera siguiente:1-2

y 3-4, mediante un CAR, alimentadas por un reactor limitador de corriente. De esta forma cada sección se encuentra conectada a la misma sección de barra del **DDP** (sección 1 de la **1SD** conectada a la sección 1 del **DDP** y así respectivamente).

Dentro de los principales consumidores conectados a la sección 1 de la 1RP encontramos varias subestaciones transformadoras como son: 1TP-15, 1TP-16, 1TP-1, 1TP-2, 1TP-7, 1TP-26 y 1TP-28, pero el mayor peso recae sobre los motores sincrónicos (compresores 25 y 31 de 1600 y 1700 kW respectivamente) ya que estos constituyen fuentes de energía durante un cortocircuito a demás de contribuir al mejoramiento del factor de potencia. En las secciones 2, 3 y 4 encontramos el resto de las subestaciones transformadoras alimentando uno u otro transformador teniendo en cuenta que estas tienen doble circuito con un CAR de enlace. Además del resto de los motores de gran potencia (compresores K500-1, K500-2, con una potencia de 2500kW, K20, 21, 22, 23 de 1600kW etc.).

La subestación **2SD** está dividida en cuatro secciones de barras enlazadas mediante un CAR, la sección 1 con la 2 y la sección 2 con la 3. Las secciones de barras 1, 2 y 3 están conectadas al **DDP** en las secciones 1, 2 y 4 respectivamente, mediante tres transformadores reductores, con una tensión de entrada de 10.5 kV y una de salida de 6 kV. En esta subestación se encuentran conectadas las subestaciones de distribución 3RP y **4SD** conectadas de la siguiente forma: la sección 1 de la **3SD** y **4SD** están alimentadas por la sección 1 de la **2SD** y la sección 2 de las mismas se encuentran conectadas a la sección 2 y 3 respectivamente, además de los principales motores de mediana potencia (6kV) los cuales están distribuidos por toda la fábrica. Dentro de estos se pueden encontrar los motores de la sección de molienda de 600 kW, los exhauster de la misma sección de molienda, dos pequeños compresores de 320 kW cada uno y algunas salidas de reservas.

Por último, la subestación de distribución **5SD**, es la más pequeña que se alimenta desde el **DDP**, está dividida en dos secciones de barras las cuales se alimentan de la sección 2 y 3. Esta subestación alimenta transformadores por el primario 10 kV a 0.48 kV por el secundario, ubicados en las subestaciones reductoras.

2.2.2 Descripción de la supervisión de la ECG.

En la actualidad el monitoreo y supervisión de las redes eléctricas en la empresa es muy pequeño, realizando su labor de importancia solamente en los dos transformadores de entrada (1T y 2T), y en los dos generadores (G1 y G2). Teniéndose la necesidad de un sistema más amplio, es necesaria la implementación de un sistema que nos permita supervisar y monitorear el sistema eléctrico de media tensión.

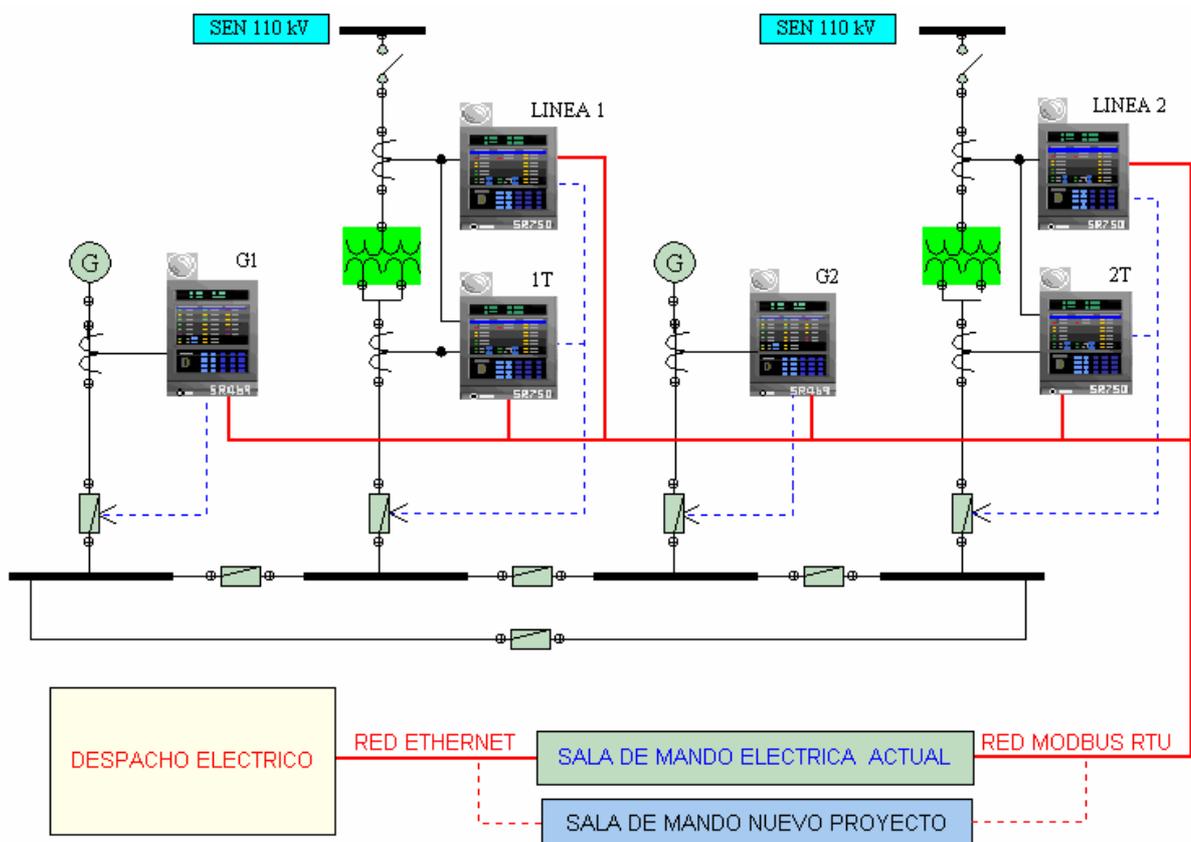


Figura 2.1 Comunicación a través de una red Modbus.

Una representación más exacta de cómo está distribuida esta red de comunicación que solo comprende en la actualidad los cuatro elementos expuestos en el texto anterior, es la figura 2.1 donde se presenta una breve representación gráfica de la red Modbus de los relés instalados para la protección y control de estos equipos. La señal desde los

relés viaja al dispositivo conversor de RS- 485 a Ethernet en la sala de mando eléctrica y desde aquí a la red de monitoreo.

Para la supervisión de las variables eléctricas y de procesos de los transformadores de entrada (1T y 2T), y de los turbogeneradores (G1 y G2), se cuenta con un sistema SCADA montado en CITECT (V5.42), que permite el control total sobre estos elementos; donde a través de una interfaz como muestra la Figura 2.2, se controlan las variables enviadas desde los dispositivos de protección, para una correcta supervisión de las mismas.

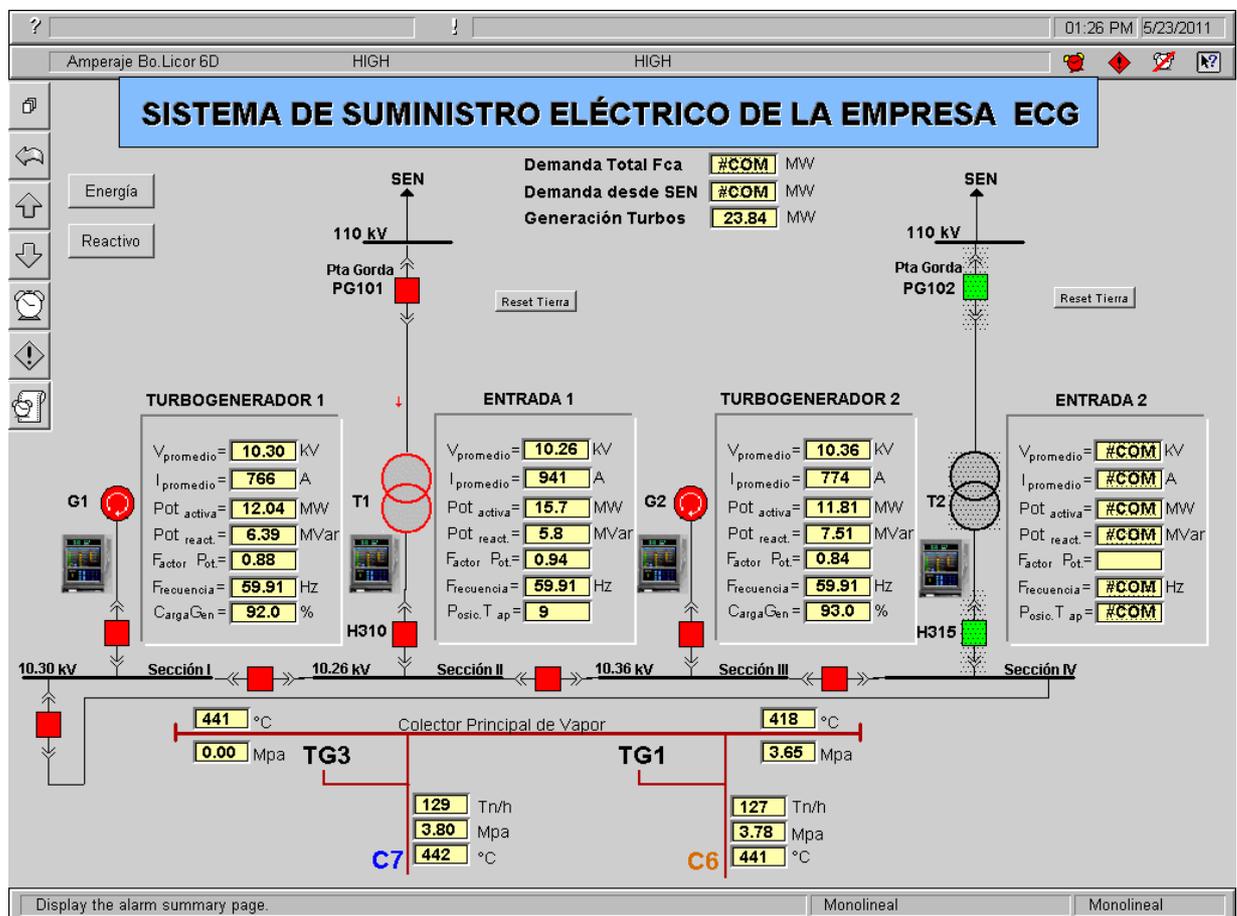


Figura 2.2 Interfaz que permite supervisar el proceso en el SCADA CITECT de la Empresa Comandante ECG.

En la empresa existen algunos elementos que cuentan con la comunicación pero no cuentan con las pantallas necesarias de supervisión en el CITECT. Ejemplo de esto tenemos los transformadores de la subestación 2SD y los molinos de los secaderos.

En resumen, este es el sistema de monitoreo eléctrico actual con el cual cuenta la empresa Ernesto Che Guevara.

2.3 Análisis sobre el desarrollo del sistema de monitoreo eléctrico para la supervisión.

El sistema de **supervisión eléctrica** constituye la medición local o remota de los parámetros eléctricos de una instalación, además de almacenar los sucesos que en esta instalación pueden o han ocurrido. Este sistema concentra la información del resto de los sistemas que trabajan como una unidad con el sistema eléctrico de potencia.

Este monitoreo se puede hacer siguiendo distintas variantes entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

1. Centralización de la información en un solo equipo.
2. Descentralización total de la información.
3. Descentralización parcial de la información.

Centralización de la información en un solo equipo

Las técnicas modernas de protecciones eléctricas incluyen equipamientos que constituyen las protecciones, las unidades de medición y ciertas variantes de control, todo esto en un mismo equipo. Aunque para las tareas de protecciones eléctricas esta unificación o centralización de las funciones resulta peligrosa, porque al fallar el equipamiento falla todo, esta variante resulta beneficiosa. Se reducen los mantenimientos, costo de instalación y montaje, entre otros aspectos.

Para llevar a cabo esta variante sería necesario (como ya se ha realizado en la empresa) instalar un dispositivo digital compacto en cada consumidor. Esto teóricamente sustituye todas las protecciones, las mediciones y los equipos de control existentes en el consumidor.

Ventajas de la siguiente variante:

1. Se reduce el trabajo de ingeniería.
2. Incremento de las facilidades de medición (waveform capture, data logger, etc.)
3. Reducido tamaño.
4. Reducción del mantenimiento y costo de instalación.
5. Excelentes interfaces de usuario.
6. Protecciones modernas y múltiples.

Los problemas fundamentales de esta variante se resumen en los siguientes aspectos:

1. El costo muy elevado de la tecnología.
2. Adquirir equipos con más funciones de medición, protección y control de las que se requieren (50% de más).
3. Si se avería un equipo se pierde la protección, la medición y el control.
4. Reducida posibilidad de reservas en almacén por elevado costo.

Nota aclaratoria:

La variante centralizada con dispositivos que protegen en una sola unidad a varios elementos del sistema de potencia, es una variante muy atractiva que eliminaría varios de los problemas planteados para la variante de dispositivos digitales compactos. Se reduciría considerablemente el número de equipos necesario siguiendo la variante explicada, aunque se perderían las mediciones puntuales directas de cada consumidor. Adicionalmente esto permitiría una homogenización del equipamiento en la empresa y la garantía de su mantenimiento por las características de ser equipos modulares.

Descentralización total de la información

Actualmente está siendo ampliamente utilizado el sistema FieldBus (Red de campo), donde toda la información sale directamente de los sensores y se traslada a la PC por un BUS especialmente diseñado para tales fines.

Para cumplir con estas variantes se hace necesaria la adquisición de todos los nuevos sensores de medición, captadores de corriente y tensión, tarjetas de entradas y salidas digitales, entre otros. Todas estas señales se concentran en la PC mediante un software.

Ventajas de la siguiente variante:

1. Monitoreo independiente del sistema de protecciones.
2. Los fallos en los sensores no afectan el funcionamiento de la instalación.
3. Posibilidad de tener equipos de reserva en almacén (relativo bajo costo, mucho menor que la variante anterior).

Los problemas fundamentales de esta variante se resumen en los siguientes aspectos:

1. El trabajo no es autónomo, si se afecta la PC o el BUS, se afecta todo.
2. Tecnología poco conocida en el país.
3. Adquisición de todos los nuevos sensores, no se pueden utilizar los existentes.
4. Aumenta excesivamente el trabajo de ingeniería.

Descentralización parcial de la información

Esta variante es muy similar a la anterior porque parte de la estrategia de “**separar el sistema de protecciones del sistema de monitoreo y control**”, utilizando las posibilidades de la variante anterior, pero no tan descentralizada.

En la actualidad, existen unidades de medición autónomas, así como equipamientos autónomos dedicados al control como los PLC. Estos equipos conectados todos en un BUS pueden enviar la información a una PC y por esta misma red se podrían acceder remotamente a los datos como lo hacen las variantes anteriores.

Para llevar a cabo esta variante sería necesario sustituir el sistema de mediciones de cada consumidor por un dispositivo autónomo de medición. Los PLC con arquitectura descentralizada se encargarían de todo el sistema de control (descarga instantánea y por frecuencia, CAR, estado de los interruptores, entre otros aspectos). De esta forma

se podrían escoger los dispositivos de protección más a la medida de lo que se quiere y por tanto menos costoso.

Ventajas de la siguiente variante:

1. **Mucho menos** costosa (70% menor) que las variantes anteriores.
2. Autonomía total, tanto de las mediciones, del control como de las protecciones.
3. Se adquieren los equipamientos con las funciones que realmente se necesitan.
4. Flexibilidad de implementación de nuevas funciones de control.
5. Instalación parcial o por etapas.
6. Posibilidad de tener equipos de reserva en almacén.

Problemas de la siguiente variante:

1. Cableado adicional para su instalación.
2. Aumenta el trabajo de ingeniería, pero menos que la variante anterior.

La selección de una u otra variante para realizar el sistema de monitoreo en la industria abarca inevitablemente la selección del sistema de protecciones, dado que en la actualidad existe equipamiento que hacen ambas funciones. En cualquiera de las variantes que se escojan, se pueden alcanzar los objetivos técnicos o las prestaciones esperadas, dependiendo del equipamiento que se adquiera y el alcance de la ingeniería realizada. Los aspectos económicos pudieran constituir los factores predominantes en la selección de la variante adecuada de protección, monitoreo y control. Tomando en cuenta que es importante la calidad probada del equipamiento que se seleccione.

Variante seleccionada

Luego del análisis de las tres variantes planteadas anteriormente en conjunto con los técnicos del taller eléctrico de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara y teniendo en cuenta el costo-beneficio de cada una de las variantes se decide utilizar la variante 1 “**Centralización de la información en un solo equipo**” para el desarrollo de la red de monitoreo y supervisión del sistema eléctrico en dicha empresa.

2.4 Descripción de los dispositivos de la red de comunicación.

Para el logro de los objetivos de este proyecto, se propone la utilización de relés multifunción (Protección, Control y Medición) como se muestra en la figura 2.3, por cada uno de los gabinetes de las subestaciones de media tensión. Teniendo en cuenta que se tiene una buena variedad de los mismos en las instalaciones eléctricas, se cuenta con experiencia suficiente para la explotación de los mismos y cumplen además con las expectativas requeridas para la conformación del sistema de supervisión eléctrica en la ECG.

Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente son transformadores de alta precisión en los cuales la relación de las corrientes primaria a secundaria es una constante conocida que cambia muy poco con la carga. El ángulo de fase entre ellas es muy pequeño, en general mucho menor que un grado.



Figura 2.3 Representación de un transformador de corriente.

Estos equipos se utilizan para medir o monitorear la corriente en una línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control. Ciertos tipos como muestra la figura 2.3 de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos. La corriente nominal que manejan en su secundario es de 5 o 1A. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser: 150/5, 300/5, 600/5, 800/5, 1000/5, 1600/5. Algunos transformadores en las subestaciones de la fábrica ECG poseen dos devanados secundarios, uno para medición y el otro para protección.

Un nuestro caso utilizaremos los mismos transformadores de corriente que tienen los elementos de nuestro sistema.

Transformadores de potencial

Un transformador de potencial es un devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Tiene una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados, una muestra de los que se emplean actualmente en la ECG lo muestra la Figura 2.4.



Figura 2.4 Representación de un Transformador de potencial.

Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de que tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial. En nuestro caso utilizaremos los transformadores de potencial de cada una de las subestaciones que tienen una relación de transformación de 10500/100V.

Convertidor RS- 485- Ethernet (Multinet)

MultiNet es un módulo de comunicaciones que proporciona a GE Multilin ModBus IEDs de serie ModBus las comunicaciones de TCP/IP de Ethernet, permitiendo la conexión a fibra LAN ópticos y los sistemas de la red LÍVIDOS. MultiNet tiene la capacidad para conectar a 32 dispositivos de ModBus. La Figura 2.5 muestra un ejemplo de los convertidores RS- 485 que se utilizan en la ECG para las redes de comunicación.



Figura 2.5 Convertidor RS- 485- Ethernet (Multinet)

Dispositivos de protección, medición control.

Relés

Los relés Multilin soportan los siguientes protocolos de comunicación que servirán para lograr los objetivos: Serial (Modbus).

Ethernet.

En estos momentos se cuenta con una red Modbus que abarca los relés instalados en el DDP y algunos de otras plantas, montada sobre la red empresarial mediante adaptadores Ethernet/Modbus.

Los familia de relés Multilin está dividida en dos series, la primera y la iniciadora de estos equipos fueron los SR (Serial Relay) como se muestra en la Figura 2.6. Con el desarrollo y la necesidad de poder tener nuevas opciones de control y programación aparecieron los UR (Universal Relay) como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.6 Tipos de relés de la familia de los SR.

La familia de SR de relés de protecciones representa una línea multifuncional de productos a microprocesador, proporcionando un sistema económico, de protección,

mando, monitoreo y medición. Además de la tradicional medición de corriente y el voltaje, la familia de SR también ofrece varias entradas analógicas y digitales. Estas entradas proporcionan una vital información como vibración del equipo, presión, temperatura, y estado del interruptor. También tiene adicionales relés de salida disponibles para la flexibilidad de crear esquemas personalizados de protecciones.



Figura 2.7 Tipos de relés de la familia de los UR.

La familia de los Relés Universal de protección se construyen en una plataforma modular común. Todos los productos de UR ofrecen altas funciones de protecciones, I/O flexibles, integración de monitoreo y medición, altas velocidades en las comunicación, programación extensa y capacidad de configuración. La serie UR tiene muchas ventajas como múltiples opciones de entrada y salida, lógica programable (FlexLogic), su construcción es modular con módulos Plug and Play, HMI para monitoreo y control, secuencias de eventos, oscilografía, y módulos de diagnósticos de los VT y CT.

Relés Multilin SR- 469

El relé de protección de motores 469 está pensado para la protección de motores de media y alta potencia y equipos asociados. Se han integrado la protección de motor, diagnóstico de faltas, medida de potencia y funciones de comunicación en un equipo completo, económico y extraíble.

El SR469 integra todas las funciones de protección que pueden ser necesarias para motores medianos y grandes. Este alto grado de integración permite la estandarización en un único relé de protección, independientemente de la aplicación. El fundamento del

SR469 es el modelo térmico. Además de los elementos de protección de intensidad, dispone de entradas de RTD para protección de temperatura del estator y los rodamientos. Las entradas de tensión proporcionan los elementos de protección de tensión y potencia. Dispone de entradas de transformadores de intensidad de fase para protección diferencial de fase. Todos los elementos de protección están incluidos en el relé y pueden ser habilitados. Este diseño hace sencilla la programación.

El SR469 tiene funciones de monitorización y medida completas. Un registro de sucesos guarda 40 registros etiquetados en tiempo. La captura de oscilografía de hasta 64 ciclos permite al usuario seleccionar los ciclos pre-falta y pos-falta. También proporciona completa medida.

El relé tiene completos interfaces de usuario local y remoto. Un display de 40 caracteres, teclado e indicadores LED proporcionan los medios para comunicación local. El SR469 está equipado con 4 puertos de comunicación. Un puerto frontal RS232 permite acceso desde un ordenador; dos puertos traseros RS485 pueden usarse para comunicación remota, conexión a un DCS, SCADA o PLC y también tiene la opción de puerto Ethernet. La velocidad del puerto RS232 está fijada a 9600 baudios, mientras que en los puertos RS485 es variable de 300 a 19200 baudios. Todos los puertos de comunicación pueden estar activos simultáneamente sin influir negativamente en el tiempo de respuesta. El software 469PC incluido con el relé proporciona un acceso sencillo y directo al relé.



Figura 2.8 Ejemplos de Relés Multifunción (MULTILIN).

1

Relé UR (Utilizado en el DDP como Protección Diferencial de Barras).

2

Relé F650 (Utilizado en el DDP como protección de líneas y sincrocheck).

3

Relé SR-750 (Utilizado en DDP como Protección Entrada de la Fábrica).

2.5 Conclusiones Parciales.

Analizando la red de media tensión con los dispositivos y sus características fundamentales, se puede concluir que es necesaria la implementación de los dispositivos de medición y control, como la de los de comunicación, formando parte estos de la tecnología moderna que se debe acomodar a las necesidades de la Empresa ECG, atendiendo al proceso de modernización en la cual se encuentra hoy envuelta.

PROPUESTA Y DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE RED

3.1 Introducción.

La necesidad de aumentar las prestaciones en las labores de supervisión, para lograr con precisión los objetivos trazados para los trabajadores y la economía en general, crea la tarea de buscar una propuesta donde se prevea una nueva forma de implementación de los dispositivos disponibles para la protección y control supervisor de las redes eléctricas.

Dejando como tareas en este capítulo la proposición de la arquitectura de la red de supervisión para el sistema eléctrico en la empresa ECG.

Esto se pretende lograr mediante el análisis de los dispositivos influyentes en dichas labores, y la adaptación posterior de las variables determinadas, con su respectiva programación en el SCADA a utilizar, para el logro de la comunicación (CITECT- Nport - Multilin) y quedando configurada la propuesta buscada, aprovechando las técnicas modernas de protección, control y medición con que cuenta la empresa.

3.2 Variables a supervisar por cada subestación.

Las seis subestaciones principales de media tensión de donde se alimentan todos los equipos del proceso productivo del sistema eléctrico de la ECG están conformadas por gabinetes. Cada uno de los gabinetes de estas subestaciones tienen señales de control y de mediciones necesarias a supervisar y monitorear mediante una red de comunicación.

Para la definir las señales a insertar en este sistema se realizaron consejos técnicos con los especialistas del taller eléctrico de la ECG donde se definieron cada una de las variables a supervisar según las necesidades del Despacho y el Taller Eléctrico por cada subestación.

Estas señales se desglosan por números de variables en cada una de las subestaciones en las tablas: (2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6).

3.2.1 Cantidades de Tags a supervisar en cada subestación.

Tabla 3.1 Número Tags a supervisar en la subestación 1SD.

SUBESTACION 1SD						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Potenciales	Cantidad de Tag
67	29 X (10 Tag)	16 X (11Tag)	4 X (16Tag)	2 X (16Tag)	4	
	= 290	= 176	= 64	= 32		562
Tag para indicar puertas abiertas = 4 puertas + 2 del sótano = 6 Tag						6
Tag para indicar Tierra en Circuito de Baterías = 1 Tag						1
Tag para indicar ausencia de tensión directa (de las baterías)						1

Tabla 3.2 Número de Tags a supervisar en la subestación 2SD.

SUBESTACION 2SD						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Seccionadores	Cantidad de Tag
54	7 X (10Tag)	10 X (11Tag)	4 X (16Tag)	2 X (16Tag)	4	
	= 70	= 110	= 64	= 32		276
Tag para indicar puertas abiertas = 4 puertas + 2 del sótano = 6 Tag						6
Tag para indicar Tierra en Circuito de Baterías = 1 Tag						1
Tag para indicar ausencia de tensión directa (de las baterías)						1

Tabla 3.3 Número de Tags a supervisar en la subestación 3SD.

SUBESTACION 3SD						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Seccionadores	Cantidad de Tag
21	1 X (10Tag)	11 X (11Tag)	2 X (16Tag)	1 X (16Tag)	2	
	= 10	= 121	= 32	= 16		179
Tag para indicar puertas abiertas = 2 puertas = 2 Tag						2
Tag para indicar Tierra en Circuito de Baterías = 1 Tag						1
Tag para indicar ausencia de tensión directa (de las baterías)						1

Tabla 3.4 Número de Tags a supervisar en la subestación 4SD.

SUBESTACION 4SD						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Seccionadores	Cantidad de Tag
27	0	14X (11Tag)	2 X (16 Tag)	1 X (16 Tag)	2	
		= 154	= 32	= 16		202
Tag para indicar puertas abiertas = 2 puertas + 2 del sótano = 4 Tag						4
Tag para indicar Tierra en Circuito de Baterías = 1 Tag						1
Tag para indicar ausencia de tensión directa (de las baterías)						1

Tabla 3.5 Número de Tags a supervisar en la subestación 5SD.

SUBESTACION 5SD						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Seccionadores	Cantidad de Tag
16	10 X (10Tag)	0	2 X (16Tag)	1 X (16Tag)	2	
	= 100		= 32	= 16		148

Tabla 3.6 Número de Tags a supervisar en el DDP.

SUBESTACION DDP						
Número armarios existentes	Número líneas salida	Número Motores	Número entradas	Número Seccionadores	Número Seccionadores	Cantidad de Tag
	18 X (10Tag)	0	Ya tiene los 750, 745 y 489.	5 X (16Tag)	8	
	= 180			= 90		270
Total de variables Tag a medir en los IED						1637
Total de variables Tag = 1637 + 26						1663

3.2.2 Número de Tag por tipos de armarios:

a) Líneas de salidas:

1. Estado del breaker.....1 Tag
 2. Corriente de las fases.....3 Tag
 3. Abrir interruptor.....1 Tag
 4. Cerrar interruptor.....1 Tag
 5. Causa del último disparo.....1 Tag
 6. Potencia activa trifásica.....1 Tag
 7. Potencia reactiva trifásica.....1 Tag
 8. Energía.....1 Tag
- Total de Tag-----10 Tag**

b) Motores:

1. Estado del interruptor.....1 Tag
2. Corriente de las fases.....3 Tag
3. Abrir interruptor.....1 Tag
4. Cerrar interruptor.....1 Tag
5. Causa del último disparo.....1 Tag
6. Potencia activa trifásica.....1 Tag

- 7. Potencia reactiva trifásica.....1 Tag
- 8. Energía.....1 Tag
- 9. Factor de Potencia.....1 Tag
- Total de Tag-----11 Tag**

c) Entradas:

- 1. Estado del interruptor.....1 Tag
- 2. Corriente de las fases.....3 Tag
- 3. Abrir interruptor.....1 Tag
- 4. Cerrar interruptor.....1 Tag
- 5. Causa del último disparo.....1 Tag
- 6. Potencia activa trifásica.....1 Tag
- 7. Potencia reactiva trifásica.....1 Tag
- 8. Energía.....1 Tag
- 9. Tensión de fases.....3 Tag
- 10. Tensión de línea.....3 Tag
- Total de Tag-----16 Tag**

d) Seccionadores:

- 1. Estado del interruptor.....1 Tag
- 2. Corriente de las fases.....3 Tag
- 3. Abrir interruptor.....1 Tag
- 4. Cerrar interruptor.....1 Tag
- 5. Causa del último disparo.....1 Tag
- 6. Potencia activa trifásica.....1 Tag
- 7. Potencia reactiva trifásica.....1 Tag
- 8. Energía.....1 Tag
- 9. Tensión de fases.....3 Tag
- 10. Tensión de línea.....3 Tag
- Total de Tag-----16 Tag**

3.3 Resumen de señales y memorias necesarias para el procesamiento de señales.

La siguiente tabla 3.7 muestra los datos que representan objetivos a supervisar por cada una de las subestaciones y se representa la cantidad de bytes de memorias necesarias para el procesamiento de señales, contando con que las subestaciones 1SD y 2SD están juntas porque se encuentran en el mismo local, al igual que las subestaciones 3SD y 5SD.

Tabla 3.7 Resumen de señales y memorias necesarias para el procesamiento de señales.

Subestación	Denominación	Cantidad	VARIABLES a registrar	Subtotal	
DDP	Líneas de salida	18	10	180	
	Generadores	2	7	14	
	Transf. de Entrada	2	7	14	
1SD y 2SD	Líneas de salida	36	20	720	
	Entradas	8	32	256	
	Seccionador	4	32	128	
	Motores	4	8	32	
4SD	Motores	36	22	792	
	Entradas	11	20	220	
	Seccionador	4	32	128	
3SD Y 5SD	Líneas de salida	2	32	64	
	Entradas	14	11	154	
	Seccionador	14	11	154	
	Motores	2	16	32	
Total				2904	
Memoria necesaria para una variable con tiempo de registro de 0.5 seg				10	Mb
Total de memoria necesaria para 6 meses en Media Tensión				29,04	Gb

3.4 Conformación de Red.

Para lograr la supervisión por monitoreo del sistema eléctrico se propone una arquitectura del sistema de supervisión y control incluyendo los tres niveles básicos:

- Instrumentación de campo.
- Dispositivos de protección, medición y control.
- Nivel supervisor (Interfase HMI) que emplea el software SCADA CITECT.

Como se explicó en el capítulo anterior sobre el análisis al sistema de monitoreo, desarrollará una arquitectura descentralizada a través de un equipo.

En la Figura 3.1 se observa que como parte del hardware tendremos una red maestro/esclavo entre varios relees digitales de protección, medición y control Multilin comunicados mediante una red de campo RS- 485 y protocolo de comunicación ModBus **RTU**. Como elementos de software se emplean en esta arquitectura, en primer lugar el software SCADA CITECT, y de forma paralela y simultánea, los software de programación y configuración de cada relé digital, los sistemas operativos, entre otros.

La computadora destinada a la supervisión (**nivel superior**) forma parte de una red **LAN** estándar y en la cual se pueden considerar otros posibles clientes que requieran de acceder a los datos generados y procesador por dicha arquitectura.

3.4.1 Niveles de la arquitectura de red.

Instrumentación de campo:

- Transformadores de corriente
- Transformadores de potencial
- Convertidor RS- 485- Ethernet (Multinet)

Dispositivos de protección, medición control:

- Relés Multilin SR-469

Contando con que los relés Multilin soportan los siguientes protocolos de comunicación que servirán para lograr los objetivos: Serial (Modbus).

Ethernet.

Nivel supervisor (Interfase HMI)

- Protocolo de comunicación Modbus.
- Arquitectura red ECG.

3.4.2 Propuesta de la Arquitectura de la Red de Comunicación.

La Arquitectura de la Red de Comunicación se realizó concibiéndose todos los puntos anteriores analizados en este trabajo, quedando reflejada en la Figura 3.1, donde se representa la conexión en la fábrica si se implementara esta red. Aquí se muestra el DDP con sus respectivos relés conectados al convertidor RS-485-Ethernet (Multinet), las subestaciones 1SD y 2SD que al igual que las 3SD y 5SD se encuentran juntas por estar ubicadas en el mismo local. Se muestran también la 4SD y la estación de bombeo, todas con los respectivos dispositivos de medición y control conectados mediante los convertidores (Multinet) a la Red de comunicación interna de la industria, donde se mantienen en red los servidores del monitoreo eléctrico (técnicos, Despacho de producción, entre otros) desde cualquier parte de la fábrica. Los relés Multilin son del tipo: SR 750, SR 745, y SR 469.

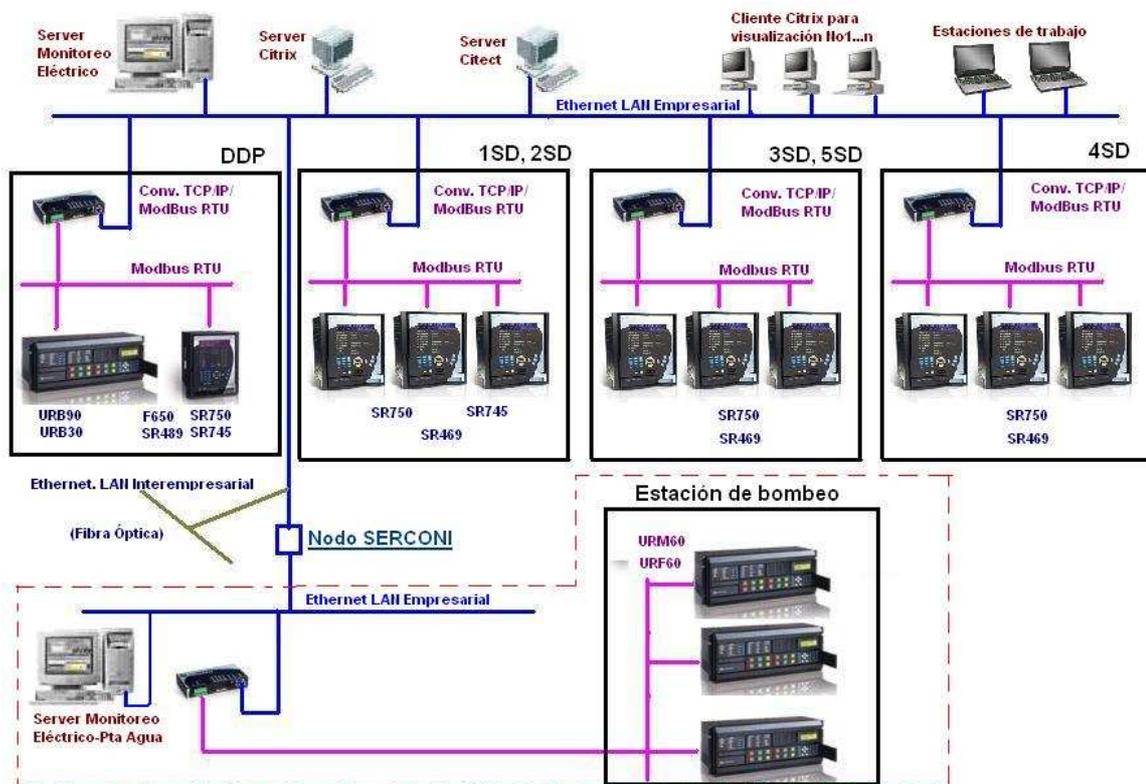


Figura 3.1 Propuesta de la Arquitectura de Red de Comunicación.

3.5 Implementación del proyecto de supervisión y monitoreo en los Molinos de la planta de Secadero. Variables a Supervisar en la planta de Secaderos.

Las variables a supervisar en los molinos referentes a la planta de secadero, están referidas en el Anexo 1, donde se encuentran los datos por molinos, como los tipos de relés que le corresponden para la supervisión de los mismos, además de la representación de los códigos (####.##) de comunicación entre el programa SCADA y el relé Multilin.

3.6 Diseño de pantallas.

Las pantallas de comunicación fueron creadas para la subestación que alimenta la planta de secadero, por ser la que tiene instalada la tecnología moderna constituida fundamentalmente por los relés Multilin, no obstante estas pantallas pueden ser generalizadas para las demás subestaciones cuando se implemente su modernización. Se crearon cinco pantallas en total, que representan las variables a supervisar de interés eléctrico en dicha planta. Una pantalla general, y otras cuatro que representan en específico a cada consumidor, en este caso los molinos.

3.6.1 Pantalla Principal.

Como se muestra en la Figura 3.2 en la confección de la pantalla principal, se tienen imágenes donde se quiere mostrar una representación de los relés instalados por cada molino. Acompañados de la creación mediante las herramientas del CITECT de los botones de comando que nos van a permitir la visualización de valores como: los actuales, y de los últimos disparos, se creó otro botón de comando para la salida de la pantalla en caso que se desee. Se muestra además una imagen interior de la planta mostrando molinos en la producción.



Figura 3.2 Representación del HMI general de control supervisor .

3.6.2 Pantallas por subestación.

Las pantallas que se diseñaron como se sabe de anterioridad, fueron las referentes a la planta de secadero con los molinos de bola, donde se representan las variables requeridas a supervisar por el despacho eléctrico de la fábrica. Un ejemplo gráfico de las pantallas que representa las variables por molinos, está siendo mostrado en la Figura 3.3, donde se observan las mismas con las direcciones programadas que le permitirán al programa comunicarse con el dispositivo de control, además de tener diseñada la pantalla también un botón para la salida de la misma si se desea.

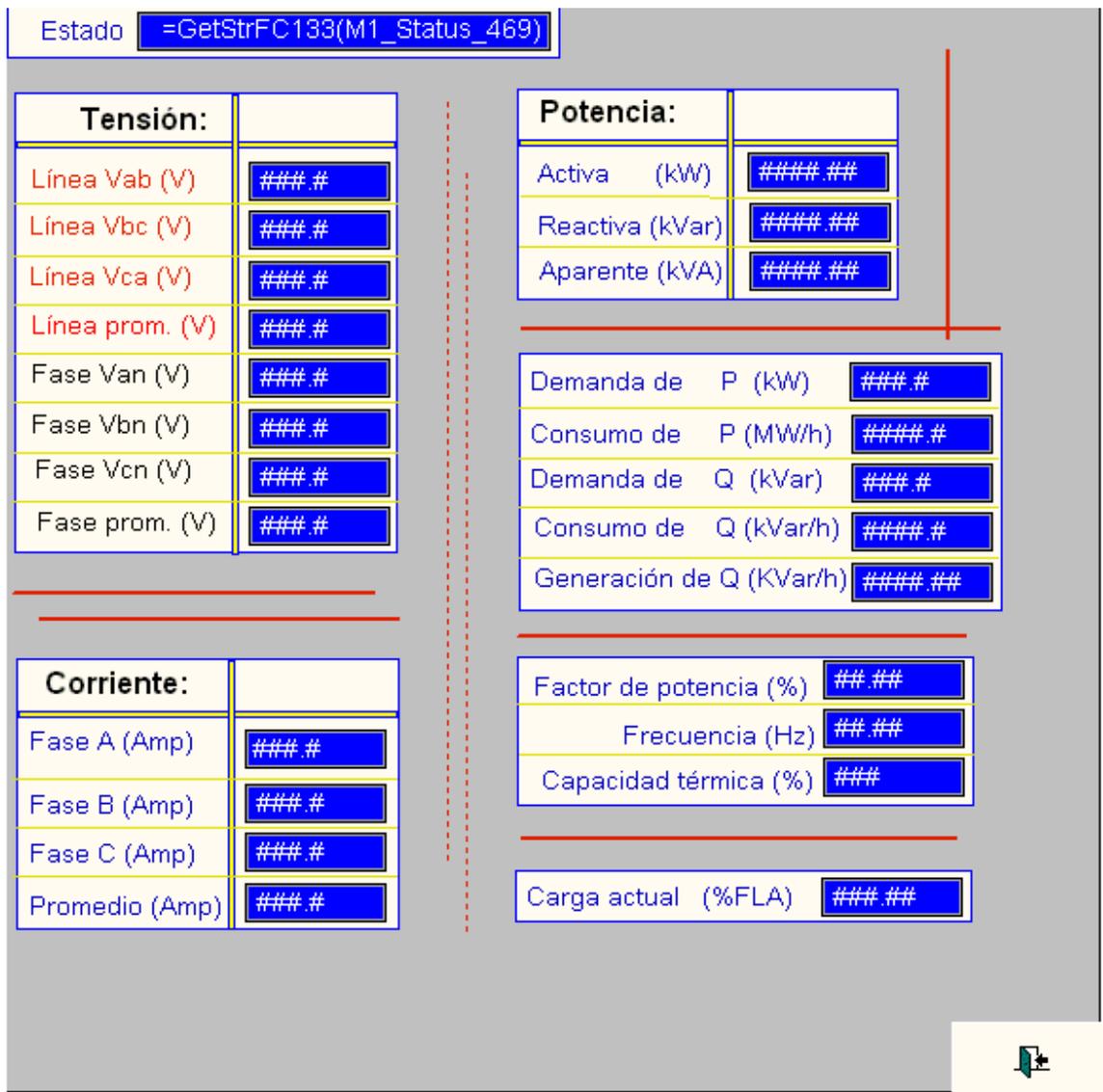


Figura 3.3 Pantalla de comunicación del SCADA CITECT (V: 5.42)

3.7 Arquitectura para el SR- 469.

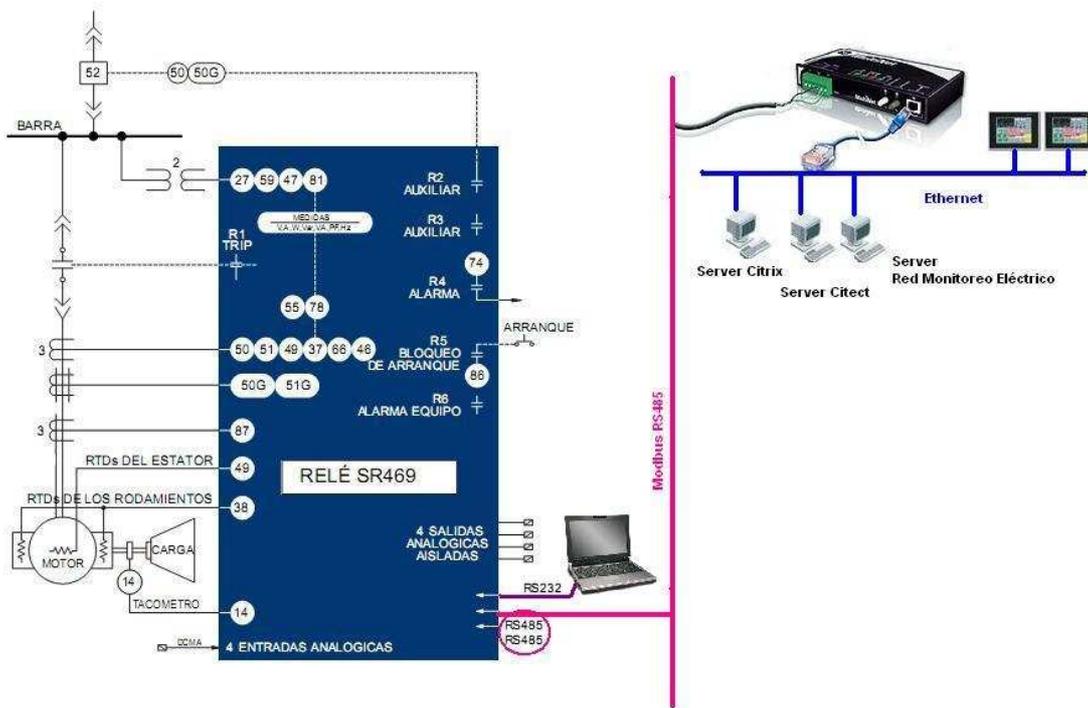


Figura 3.4 Arquitectura de conexión para el relé SR 469 instalado en los molinos.

La Figura 3.4 nos enseña visualmente la estructura para la conexión con la red del SR- 469 (dispositivo de medición y control que permite la supervisión de los molinos en la planta de secadero). Se muestra como se conecta al motor del molino que representa la carga, y con la red mediante un Modbus al MultiNet y mediante una red de Ethernet a los servidores que desarrollan la supervisión del sistema.

3.8 Valoración económica.

La siguiente valoración económica se realizó llevando a cabo un análisis entre varios aspectos que influyen en la realización final de la propuesta del proyecto, para tener la medida aproximada del beneficio que puede tener la aplicación de este proyecto para la empresa atendiendo a la rapidez con que pueda ser amortizada la inversión.

Aspectos tenidos en cuenta:

- Costos de ingeniería.
- Pérdidas económicas por fallas en las líneas luego del tiempo posterior de paro.
- Costo de los dispositivos de comunicación, como de los de medición y control a emplear.

Dentro de los costos de ingeniería se encuentra: la mano de obra a utilizar para la instalación de los dispositivos necesarios en las plantas para lograr la red de comunicación conformada. Se necesitarían dos obreros para realizar 8 horas de trabajo cada uno durante 20 días, contando el descanso 7 días del mes; el salario sería de 21 pesos (cup) la jornada laboral. Creando un monto total entre los dos obreros de aproximadamente: 440 pesos (cup) que dando esta cifra dentro de la inversión.

Las pérdidas económicas por fallas en las líneas trae consigo el paro del proceso níquelífero en diferentes medidas, esto es en dependencia del lugar (planta, o parte de la fábrica) donde se produzca la avería. El ingreso de níquel diario de la industria es de 70 toneladas (promedio), y una avería en la línea de media tensión en dependencia del equipo que incurra en el fallo, como un compresor de aire para el proceso tecnológico, puede ocasionar el paro total de la producción. Otros dispositivos medianos pueden influir directamente en que se pierdan 19 toneladas de níquel en una jornada de 24 horas de trabajo. Y contando con una falla pequeña demoraría el taller eléctrico en poner en servicio al equipo incurrido aproximadamente 4 horas, en lo que se localiza y se rebasa dicha avería. Claramente no influye en la producción, pero si en el material

disponible de reserva. Por todo lo antes expuesto se puede concluir que los dispositivos a instalar según su control por monitoreo, nos pueden permitir hacer predicciones de futuros fallos, ayudándonos en que no se detenga la producción como con el ahorro de los materiales y medios de trabajo.

Costo de los dispositivos a utilizar en la lleva a cabo del proyecto:

Relé Multilin SR-750 ----- \$ 5974.00 en (cuc)

Relé Multilin SR-469 ----- \$ 6227 en (cuc)

MultiNet ----- \$ 687.50 en (cuc)

Cables UTP ----- \$ 130 en (cuc) el metro, y se necesitan 350m.

Cable Modbus ----- \$10.63 en (cuc) el metro, y se necesitan 750m.

CONCLUSIONES

Al culminar con la investigación de este trabajo se tuvo en cuenta las siguientes conclusiones:

- El estudio realizado sobre las características y el equipamiento de las diferentes subestaciones de la red de media tensión en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara permitió determinar las principales variables eléctricas para conformar el sistema de monitoreo.
- La instalación de relés Multilin como principales dispositivos de protección en las subestaciones facilitaron la adquisición de las variables eléctricas fundamentales a tenerse en cuenta para su monitoreo a través del CITECT.
- Fue desarrollada una propuesta de red de comunicación entre los dispositivos medidores con el SCADA sobre la base de los protocolos ModBUS RTU, Ethernet LAN empresarial y Fibra óptica, empleándose Nport como interfaces entre protocolos.
- Se implementaron varias ventanas en el CITECT que ofrecen información detallada de las principales magnitudes eléctricas y señalizaciones de alarmas y disparos por averías en la subestación de Secadero.
- Las pruebas realizadas al sistema implementado arrojaron resultados positivos, demostrándose la eficacia del sistema de monitoreo.
- Los costos de la inversión pueden ser amortizados en poco tiempo teniendo en cuenta los costos por déficit de producción de níquel debido a las averías en estas redes.
- Por último y no menos importante podemos plantear que con la implementación de este sistema de monitoreo se mejora la gestión energética en la empresa al tenerse registrada y con posibilidades de históricos, las principales variables eléctricas en las subestaciones de media tensión.

RECOMENDACIONES

1. Generalizar las ventanas desarrolladas en el CITECT para otras subestaciones de la empresa una vez hayan concluido el proceso de modernización y sobre la base de las variables seleccionadas en este trabajo.
2. Desarrollar la red de comunicación propuesta en este trabajo para poder contar con la supervisión de todas las plantas de la empresa.
3. Que este trabajo sirva de material de apoyo para estudios posteriores relacionados con el monitoreo de variables eléctricas en las redes de baja tensión de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, contribuyendo al mejoramiento de la gestión energética en la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRADLEY, Allen. *Application Guide. SCADA System*. [s.l]: Publication A.G.-6.5.8, 1998.
2. FONSECA ALPAJÓN, D. *Interfaz para comunicación de sistema SCADA de accionamientos con variadores de velocidad*. Luís Delfín Rojas Purón (Tutor). Trabajo de diploma. ISMM, 2009.
3. GÓMEZ SARDUY, J. R.; REYES CALVO, R.; GUZMÁN DEL RÍO, D. *Temas Especiales de Instrumentación y Control*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos, 2007.
4. KATSUHIKO, O. *Ingeniería de control moderna*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1984.T1.
5. KUO, Benjamín C. *Automatic Control Systems*. 7ed. USA: Prentice Hall, 1995.
6. LARIOS MARÍN, D.F.; CASTAÑO CASTAÑO, L.F. *Desarrollo de Software de una Red de Sensores de Medidas de Consumo Eléctrico*. Trabajo de diploma. Escuela superior de Ingenieros Universidad de Sevilla, 2009.
7. *MultiNet, Serial to Ethernet Converter, Introduction Manual*. [en línea], 2003. [Consultado 2011-03-12]. Disponible en: <http://www.GEindustrial.com/multilin>.
8. SHINSKEY, F.G. *Process Control Systems*. 4ed. [s.l]: [s.n],1996.
9. SINCLAIR, Lan R. *Sensors and transducers*. 3ed. [s.l]: [s.n], 2001.
10. *Sistema de Control, descripción técnica, Schneider Electric España*. [en línea], 2008. [Consultado 2011-05-23]. Disponible en: www.shneiderelectric.es

Anexo 1

COMMENT	NAME	TYPE	UNIT	ADDR	RAW_ZERO	RAW_NULL	ENG_ZERO	ENG_FULL	ENG_UNITS	FORMAT
Corriente Ia Molino 1	M1_la_469	LONG	SR469_1	40769	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ib Molino 1	M1_lb_469	LONG	SR469_1	40771	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ic Molino 1	M1_lc_469	LONG	SR469_1	40773	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente promedio Molino 1	M1_lpr_469	LONG	SR469_1	40775	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Tensi3n de Lnea Vab Molino 1	M1_Vab_469	INT	SR469_1	40833	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de Lnea Vbc Molino 1	M1_Vbc_469	INT	SR469_1	40834	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de Lnea Vca Molino 1	M1_Vca_469	INT	SR469_1	40835	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de Lnea promedio Molino 1	M1_Vlpr_469	INT	SR469_1	40836	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Factor de potencia Molino 1	M1_Fp_469	INT	SR469_1	40881	-0.99	1	-0.99	1	%	###.##
Tensi3n de fase A (Van) Molino 1	M1_Van_469	INT	SR469_1	40837	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase B (Vbn) Molino 1	M1_Vbn_469	INT	SR469_1	40838	0	20000	0	20000	Volts	###.#

Tensi3n de fase C (Var) Molino 1	M1_Vcn_469	INT	SR469_1	40839	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Frecuencia de alimentaci3n del Molino 1	M1_F_469	INT	SR469_1	40841	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Porci3nto de Carga del Molino 1	M1_Load_469	INT	SR469_1	40777	0.00	20000.00	0.00	20000.00	%	###.##
Potencia Activa del Molino 1	M1_P_469	INT	SR469_1	40883	-30000.00	30000.00	-30000.00	30000.00	kW	####.##
Potencia Activa en Hp del Molino 1	M1_Php_469	INT	SR469_1	40884	0.00	65000.00	0.00	65000.00	Hp	####.##
Potencia Reactiva del Molino 1	M1_Q_469	INT	SR469_1	40885	-50000.00	50000.00	-50000.00	50000.00	kVar	####.##
Potencia Aparente del Molino 1	M1_S_469	INT	SR469_1	40887	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVA	####.##
Demanda de Potencia Activa del Molino 1	M1_DemP_469	LONG	SR469_1	40915	-50000.00	50000.00	-50000.00	50000.00	kW	###.#
Demanda de Potencia Reactiva del Molino 1	M1_DemQ_469	LONG	SR469_1	40917	-50000.00	50000.00	-50000.00	50000.00	kVar	###.#
Consumo de Potencia Activa del Molino 1	M1_ConP_469	LONG	SR469_1	40889	0.00	100000.00	0.00	10000.00	MW/h	####.##
Consumo de Potencia Reactiva del Molino 1	M1_ConQ_469	LONG	SR469_1	40891	0	20000.00	0	20000.00	MVar/h	####.##

Generación Potencia Reactiva Prom. del Molino 1	M1_GenQpr_469	LONG	SR469_1	40893	0	20000.00	0	20000 .00	MVar/ h	####.##
Estado del motor del Molino 1	M1_Status_469	INT	SR469_1	40513	0	4	0	4		###
Capacidad Térmica del motor del Molino 1	M1_CapTer_469	INT	SR469_1	40514	0	100	0	100	%	###
Causa del último disparo del motor del Molino 1	M1_Causa_469	INT	SR469_1	40545	0	45	0	45		###
Fecha del último disparo del motor del Molino 1	M1_Fecha_469	INT	SR469_1	40548	0	100000	0	10000 0		#0##.###
Hora del último disparo del motor del Molino 1	M1_Hora_469	INT	SR469_1	40546	0	100000	0	10000 0		#####
Corriente Ia, del último disparo Molino 1	M1_IaUD_469	INT	SR469_1	40553	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ib, del último disparo Molino 1	M1_IbUD_469	INT	SR469_1	40555	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ic, del último disparo Molino 1	M1_IcUD_469	INT	SR469_1	40557	0	20000	0	20000	Amp	###.#

Tensi3n Vab del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VabUD_469	INT	SR469_1	40573	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensi3n Vbc del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VbcUD_469	INT	SR469_1	40574	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensi3n Vca del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VcaUD_469	INT	SR469_1	40575	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensi3n Van del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VanUD_469	INT	SR469_1	40576	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensi3n Vbn del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VbnUD_469	INT	SR469_1	40577	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensi3n Vcn del 3ltimo disparo Molino 1	M1_VcnUD_469	INT	SR469_1	40578	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Frecuencia del 3ltimo disparo Molino 1	M1_FUD_469	INT	SR469_1	40579	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Frecuencia del 3ltimo disparo Molino 1	M1_FUD_469	INT	SR469_1	40579	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##

Potencia Activa 3ltimo disparo Molino 1	M1_PUD_469	INT	SR469_1	40581	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kW	####.##
Potencia Reactiva 3ltimo disparo Molino 1	M1_QUD_469	INT	SR469_1	40583	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVar	####.##
Potencia aparente 3ltimo disparo Molino 1	M1_SUD_469	INT	SR469_1	40584	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVA	####.##
Factor de potencia 3ltimo disparo Molino 1	M1_FpUD_469	INT	SR469_1	40585	-0.99	1.00	-0.99	1.00	%	##.##

Carga del molino ante último disparo Molino 1	M1_IcargaUD_469	INT	SR469_1	40558	0	2000	0	2000	Amp	###.##
Corriente Ia Molino 2	M2_Ia_469	LONG	SR469_2	40769	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ib Molino 2	M2_Ib_469	LONG	SR469_2	40771	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ia Molino 3	M3_Ia_469	LONG	SR469_3	40769	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ia Molino 4	M4_Ia_469	LONG	SR469_4	40769	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ib Molino 3	M3_Ib_469	LONG	SR469_3	40771	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ic Molino 2	M2_Ic_469	LONG	SR469_2	40773	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ic Molino 3	M3_Ic_469	LONG	SR469_3	40773	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente Ic Molino 4	M4_Ic_469	LONG	SR469_4	40773	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente promedio Molino 2	M2_Ipr_469	LONG	SR469_2	40775	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente promedio Molino 3	M3_Ipr_469	LONG	SR469_3	40775	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Corriente promedio Molino 4	M4_Ipr_469	LONG	SR469_4	40775	0	20000	0	20000	Amp	###.##
Tensiñ de Línea Vab Molino 2	M2_Vab_469	INT	SR469_2	40833	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea Vab Molino 3	M3_Vab_469	INT	SR469_3	40833	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea Vab Molino 4	M4_Vab_469	INT	SR469_4	40833	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea Vbc Molino 2	M2_Vbc_469	INT	SR469_2	40834	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea Vbc Molino 3	M3_Vbc_469	INT	SR469_3	40834	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea Vbc Molino 4	M4_Vbc_469	INT	SR469_4	40834	0	20000	0	20000	Volts	###.##
Tensiñ de Línea M2_Vca_469	M2_Vca_469	INT	SR469	40835	0	20000	0	20000	Volts	###.##

Vca Molino 2			_2							
Tensi3n de L3nea Vca Molino 3	M3_Vca_469	INT	SR469 _3	40835	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de L3nea Vca Molino 4	M4_Vca_469	INT	SR469 _4	40835	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de L3nea promedio Molino 2	M2_Vlpr_469	INT	SR469 _2	40836	0	20000	0	20000	Volts	###.#

Tensi3n de L3nea promedio Molino 3	M3_Vlpr_469	INT	SR469_3	40836	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de L3nea promedio Molino 4	M4_Vlpr_469	INT	SR469_4	40836	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Factor de potencia Molino 2	M2_Fp_469	INT	SR469_2	40881	-0.99	1	-0.99	1	%	##.##
Factor de potencia Molino 3	M3_Fp_469	INT	SR469_3	40881	-0.99	1	-0.99	1	%	##.##
Factor de potencia Molino 4	M4_Fp_469	INT	SR469_4	40881	-0.99	1	-0.99	1	%	##.##
Tensi3n de fase A (Van) Molino 2	M2_Van_469	INT	SR469_2	40837	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase A (Van) Molino 3	M3_Van_469	INT	SR469_3	40837	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase A (Van) Molino 4	M4_Van_469	INT	SR469_4	40837	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase B (Van) Molino 2	M2_Vbn_469	INT	SR469_2	40838	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase B (Van) Molino 3	M3_Vbn_469	INT	SR469_3	40838	0	20000	0	20000	Volts	###.#

Tensi3n de fase B (Van) Molino 4	M4_Vbn_469	INT	SR469_4	40838	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase C (Van) Molino 2	M2_Vfpr_469	INT	SR469_2	40840	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensi3n de fase C (Van) Molino 3	M3_Vfpr_469	INT	SR469_3	40840	0	20000	0	20000	Volts	###.#

Tensi3n de fase C (Van) Molino 4	M4_Vfpr_469	INT	SR469_4	40840	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Frecuencia de alimentaci3n del Molino 2	M2_F_469	INT	SR469_2	40841	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Frecuencia de alimentaci3n del Molino 3	M3_F_469	INT	SR469_3	40841	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Frecuencia de alimentaci3n del Molino 4	M4_F_469	INT	SR469_4	40841	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Porcentaje de Carga del Molino 2	M2_Load_469	INT	SR469_2	40777	0.00	20000.00	0.00	20000.00	%	###.##
Potencia Activa del Molino 2	M2_P_469	INT	SR469_2	40883	-30000.00	30000.00	-30000.00	30000.00	kW	####.##
Potencia Activa del Molino 3	M3_P_469	INT	SR469_3	40883	-30000.00	30000.00	-30000.00	30000.00	kW	####.##
Potencia Activa del Molino 4	M4_P_469	INT	SR469_4	40883	-30000.00	30000.00	-30000.00	30000.00	kW	####.##
Potencia Activa en Hp del Molino 2	M2_Php_469	INT	SR469_2	40884	0.00	65000.00	0.00	65000.00	Hp	####.##
Potencia Activa en Hp del Molino 3	M3_Php_469	INT	SR469_3	40884	0.00	65000.00	0.00	65000.00	Hp	####.##
Potencia Activa en Hp del Molino 4	M4_Php_469	INT	SR469_4	40884	0.00	65000.00	0.00	65000.00	Hp	####.##
Potencia Reactiva del Molino 2	M2_Q_469	INT	SR469_2	40885	-50000.00	50000.00	-50000.00	50000.00	kVar	####.##

Potencia Reactiva del Molino 3	M3_Q_469	INT	SR469_3	40885	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000 .00	kVar	####.##
--------------------------------	----------	-----	---------	-------	-------------------	----------	-------------------	--------------	------	---------

Potencia Reactiva del Molino 4	M4_Q_469	INT	SR469_4	40885	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000 .00	kVar	####.##
Potencia Aparente del Molino 2	M2_S_469	INT	SR469_2	40887	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVA	####.##
Potencia Aparente del Molino 3	M3_S_469	INT	SR469_3	40887	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVA	####.##
Potencia Aparente del Molino 4	M4_S_469	INT	SR469_4	40887	0.00	50000.00	0.00	50000.00	kVA	####.##
Demanda de Potencia Activa del Molino 2	M2_DemP_469	LONG	SR469_2	40915	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kW	###.#
Demanda de Potencia Activa del Molino 3	M3_DemP_469	LONG	SR469_3	40915	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kW	###.#
Demanda de Potencia Activa del Molino 4	M4_DemP_469	LONG	SR469_4	40915	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kW	###.#
Demanda de Potencia Reactiva del Molino 2	M2_DemQ_469	LONG	SR469_2	40917	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kVar	###.#
Demanda de Potencia Reactiva del Molino 3	M3_DemQ_469	LONG	SR469_3	40917	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kVar	###.#
Demanda de Potencia Reactiva del Molino 4	M4_DemQ_469	LONG	SR469_4	40917	- 50000 .00	50000.00	- 50000 .00	50000.00	kVar	###.#
Consumo de	M2_ConP_469	LONG	SR469_2	40889	0.00	10000	0.00	10000	MW/h	####.##

Potencia Activa del Molino 2						0.00		0.00		
Consumo de Potencia Activa del Molino 3	M3_ConP_469	LONG	SR469_3	40889	0.00	10000 0.00	0.00	10000 0.00	MW/h	####.#
Consumo de Potencia Activa del Molino 4	M4_ConP_469	LONG	SR469_4	40889	0.00	10000 0.00	0.00	10000 0.00	MW/h	####.#
Consumo de Potencia Reactiva del Molino 2	M2_ConQ_469	LONG	SR469_2	40891	0	20000 .00	0	20000 .00	MVar/h	####.#
Consumo de Potencia Reactiva del Molino 3	M3_ConQ_469	LONG	SR469_3	40891	0	20000 .00	0	20000 .00	MVar/h	####.#
Consumo de Potencia Reactiva del Molino 4	M4_ConQ_469	LONG	SR469_4	40891	0	20000 .00	0	20000 .00	MVar/h	####.#

Generación Potencia Reactiva Prom. del Molino 2	M2_GenQpr_469	LONG	SR469_2	40893	0	20000.0 0	0	20000.00	MVar/h	####.##
Generación Potencia Reactiva Prom. del Molino 3	M3_GenQpr_469	LONG	SR469_3	40893	0	20000.0 0	0	20000.00	MVar/h	####.##
Generación Potencia Reactiva Prom. del Molino 4	M4_GenQpr_469	LONG	SR469_4	40893	0	20000.0 0	0	20000.00	MVar/h	####.##

Estado del motor del Molino 2	M2_Status_469	INT	SR469_2	40513	0	4	0	4		###
Estado del motor del Molino 3	M3_Status_469	INT	SR469_3	40513	0	4	0	4		###
Estado del motor del Molino 4	M4_Status_469	INT	SR469_4	40513	0	4	0	4		###
Capacidad Térmica del motor del Molino 2	M2_CapTer_469	INT	SR469_2	40514	0	100	0	100	%	###
Capacidad Térmica del motor del Molino 3	M3_CapTer_469	INT	SR469_3	40514	0	100	0	100	%	###
Capacidad Térmica del motor del Molino 4	M4_CapTer_469	INT	SR469_4	40514	0	100	0	100	%	###
Causa del último disparo del motor del Molino 2	M2_Causa_469	INT	SR469_2	40545	0	45	0	45		###
Causa del último disparo del motor del Molino 3	M3_Causa_469	INT	SR469_3	40545	0	45	0	45		###
Causa del último disparo del motor del Molino 4	M4_Causa_469	INT	SR469_4	40545	0	45	0	45		###
Fecha del último disparo del motor del Molino 2	M2_Fecha_469	INT	SR469_2	40548	0	100000	0	100000		#0##.## #
Fecha del	M3_Fecha_469	INT	SR469_3	40548	0	100000	0	100000		#0##.##

último disparo del motor del Molino 3	9									#
Fecha del último disparo del motor del Molino 4	M4_Fecha_469	INT	SR469_4	40548	0	100000	0	100000		#0##.## #
Hora del último disparo del motor del Molino 2	M2_Hora_469	INT	SR469_2	40546	0	100000	0	100000		#####
Hora del último disparo del motor del Molino 3	M3_Hora_469	INT	SR469_3	40546	0	100000	0	100000		#####
Hora del último disparo del motor del Molino 4	M4_Hora_469	INT	SR469_4	40546	0	100000	0	100000		#####
Corriente Ia, del último disparo Molino 2	M2_IaUD_469	INT	SR469_2	40553	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ia, del último disparo Molino 3	M3_IaUD_469	INT	SR469_3	40553	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ia, del último disparo Molino 4	M4_IaUD_469	INT	SR469_4	40553	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ib, del último disparo Molino 2	M2_IbUD_469	INT	SR469_2	40555	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ib, del último disparo Molino 3	M3_IbUD_469	INT	SR469_3	40555	0	20000	0	20000	Amp	###.#

disparo Molino 3										
Corriente Ib, del último disparo Molino 4	M4_IbUD_469	INT	SR469_4	40555	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ic, del último disparo Molino 2	M2_IcUD_469	INT	SR469_2	40557	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Corriente Ic, del último disparo Molino 3	M3_IcUD_469	INT	SR469_3	40557	0	20000	0	20000	Amp	###.#

Corriente Ic, del último disparo Molino 4	M4_IcUD_469	INT	SR469_4	40557	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Tensiñn Vab del último disparo Molino 2	M2_VabUD_469	INT	SR469_2	40573	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñn Vab del último disparo Molino 3	M3_VabUD_469	INT	SR469_3	40573	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñn Vab del último disparo Molino 4	M4_VabUD_469	INT	SR469_4	40573	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñn Vbc del último disparo Molino 2	M2_VbcUD_469	INT	SR469_2	40574	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñn	M3_VbcUD_469	INT	SR469_3	40574	0.00	20000	0.00	20000.00	Volts	####.##

Vbc del último disparo Molino 3						.00				
Tensiñ Vbc del último disparo Molino 4	M4_VbcUD_469	INT	SR469_4	40574	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vca del último disparo Molino 2	M2_VcaUD_469	INT	SR469_2	40575	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vca del último disparo Molino 3	M3_VcaUD_469	INT	SR469_3	40575	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vca del último disparo Molino 4	M4_VcaUD_469	INT	SR469_4	40575	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Van del último disparo Molino 2	M2_VanUD_469	INT	SR469_2	40576	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Van del último disparo Molino 4	M4_VanUD_469	INT	SR469_4	40576	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vbn del último disparo Molino 2	M2_VbnUD_469	INT	SR469_2	40577	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vbn del último	M3_VbnUD_469	INT	SR469_3	40577	0.00	20000.00	0.00	20000.00	Volts	####.##

disparo Molino 3										
Tensiñ Vbn del último disparo Molino 4	M4_VbnUD_469	INT	SR469_4	40577	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vcn del último disparo Molino 2	M2_VcnUD_469	INT	SR469_2	40578	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vcn del último disparo Molino 3	M3_VcnUD_469	INT	SR469_3	40578	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Tensiñ Vcn del último disparo Molino 4	M4_VcnUD_469	INT	SR469_4	40578	0.00	20000 .00	0.00	20000.00	Volts	####.##
Frecuencia del último disparo Molino 2	M2_FUD_469	INT	SR469_2	40579	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Frecuencia del último disparo Molino 3	M3_FUD_469	INT	SR469_3	40579	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Frecuencia del último disparo Molino 4	M4_FUD_469	INT	SR469_4	40579	0.00	90.00	0.00	90.00	Hz	##.##
Potencia Activa último disparo Molino 2	M2_PUD_469	INT	SR469_2	40581	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kW	####.##
Potencia Activa último	M3_PUD_469	INT	SR469_3	40581	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kW	####.##

disparo Molino 3										
Potencia Activa último disparo Molino 4	M4_PUD_469	INT	SR469_4	40581	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kW	####.##
Potencia Reactiva último disparo Molino 2	M2_QUD_469	INT	SR469_2	40583	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kVar	####.##
Potencia Reactiva último disparo Molino 3	M3_QUD_469	INT	SR469_3	40583	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kVar	####.##
Potencia Reactiva último disparo Molino 4	M4_QUD_469	INT	SR469_4	40583	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kVar	####.##
Potencia aparente último disparo Molino 2	M2_SUD_469	INT	SR469_2	40584	0.00	50000 .00	0.00	50000.00	kVA	####.##

Potencia aparente último disparo Molino 3	M3_SUD_469	INT	SR469_3	40584	0.00	50000.0 0	0.00	50000. 00	kVA	####.##
Potencia aparente último disparo Molino 4	M4_SUD_469	INT	SR469_4	40584	0.00	50000.0 0	0.00	50000. 00	kVA	####.##
Factor de potencia último	M2_FpUD_469	INT	SR469_2	40585	-0.99	1.00	-0.99	1.00	%	##.##

disparo Molino 2										
Factor de potencia último disparo Molino 3	M3_FpUD_469	INT	SR469_3	40585	-0.99	1.00	-0.99	1.00	%	###.##
Factor de potencia último disparo Molino 4	M4_FpUD_469	INT	SR469_4	40585	-0.99	1.00	-0.99	1.00	%	###.##
Carga del molino ante último disparo Molino 2	M2_IcargaUD_469	INT	SR469_2	40558	0	2000	0	2000	Amp	###.##
Carga del molino ante último disparo Molino 3	M3_IcargaUD_469	INT	SR469_3	40558	0	2000	0	2000	Amp	###.##
Carga del molino ante último disparo Molino 4	M4_IcargaUD_469	INT	SR469_4	40558	0	2000	0	2000	Amp	###.##
Tensiñn de fase C (Van) Molino 2	M2_Vcn_469	INT	SR469_2	40839	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Porciento de Carga del Molino 3	M3_Load_469	INT	SR469_3	40777	0.00	20000.0 0	0.00	20000. 00	%	###.##
Tensiñn de fase C (Van) Molino 3	M3_Vcn_469	INT	SR469_3	40839	0	20000	0	20000	Volts	###.#

Porciento de Carga Del Molino 4	M4_Load_469	INT	SR469_4	40777	0.00	20000.0 0	0.00	20000.00	%	###.##
Corriente Ib Molino 4	M4_Ib_469	LONG	SR469_4	40771	0	20000	0	20000	Amp	###.#
Tensiñ de fase C (Van) Molino 4	M4_Vcn_469	INT	SR469_4	40839	0	20000	0	20000	Volts	###.#
Tensiñ Van del último disparo Molino 3	M3_VanUD_469	INT	SR469_3	40576	0.00	20000.0 0	0.00	20000.00	Volts	####.##