

SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL DE SUBESTACIONES ELECTRICAS

ING. ANTONIO BORRERO V.
ING. JORGE QUESADA R.
ING. DIEGO DURAN C.

UNIVERSIDAD DE CUENCA
EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.

RESUMEN

Con miras a la automatización y el control de los sistemas eléctricos, la Universidad de Cuenca y la E.E.R.C.S. C.A., en su propósito de apoyo mutuo, han emprendido en el estudio de soluciones tecnológicas de eficiente aplicación y menor costo.

El proyecto realizado para una S/E contempla el diseño y desarrollo de un sistema SCADA local, para adquisición de datos analógicos de tensiones y potencias, datos digitales de los dispositivos de control y maniobra, y de la señalización de alarmas. Su concepción fundamental esta basado en la modularidad y estandarización, dándole las características de un sistema de arquitectura abierta.

El programa de control del sistema CADSE02 esta desarrollado en lenguaje C y opera en un microcomputador IBM PC o compatible. El interfaz analógico y digital se realiza mediante tarjetas conversoras instaladas en el PC, las que se conectan a los tableros de la S/E, en donde se han instalado transductores de V, P y Q, y relés auxiliares para la toma de datos de disyuntores y su control.

La experiencia de diseño y montaje ha sido muy provechosa. Los resultados de operación son altamente efectivos y la precisión del sistema muy buena. La relación costo/beneficio le convierte en un sistema muy rentable. La autonomía tecnológica lograda estimula notablemente al desarrollo local, convirtiéndole en un proyecto pionero de este tipo en el país.

ABSTRACT

The University of Cuenca (Ecuador) and the Electrical Utility of the South-Central Region (EERCS), have mutually supported towards development of local technological solution in automation and control of power system.

A project of a local SCADA system for one substation has been developed. It's oriented to the acquisition of voltage, and power analogous data, and digital data such as switches and alarms status. The systems' design is based on modularity and standards, as to get an open architecture system.

The system's software named CADSE02, is developed in "C" language. It works in a Personal Computer IBM or compatible. The analogue to digital interface is done by using A/D cards installed in the PC slots. These cards are connected to the substation panels, where V, P, Q and status transducers are installed.

Design and construction experience has been very valuable. Operation results are highly effective, and system's accuracy is very good. Cost/benefit ratio makes this project as a very profitable one. Local engineering becomes self sufficient to manage this project, and to find new technological achievements close to local needs. Therefore this project becomes pioneer on it's kind in Ecuador.

1. INTRODUCCION

En la operación de los Sistemas Eléctricos de potencia (SEP) es de fundamental importancia el conocimiento de las magnitudes eléctricas variables de las centrales generadoras, líneas de transmisión y alimentadores, como son la Potencia Activa, potencia Reactiva, Tensión y Corriente. Además es indispensable el conocimiento del estado de operación de los elementos de maniobra y protección, como disyuntores, seccionadores, etc.

Actualmente en la mayoría de las Empresas Eléctricas del país y en especial en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A. (EERCS C.A.), de Cuenca-Ecuador, la toma de datos de dichos parámetros, la hace un operador leyendo de los diferentes instrumentos de medición y anotando manualmente los valores cada cierto período de tiempo. Una vez realizada esta operación, se transmiten los datos fundamentales vía radio o teléfono, para su posterior procesamiento, los demás datos son procesados al final de cada mes. Todo esto conlleva un trabajo largo, en el cual se puede incurrir en muchos errores y donde las decisiones para el control generalmente son tardías.

Dado el desarrollo tecnológico alcanzado en la electrónica y con el vertiginoso avance de la informática, en los países industrializados, las compañías dedicadas a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica están utilizando centros de Supervisión, Control y Adquisición de datos, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)⁽¹⁾.

Es por esto que la EERCS C.A. se halla empeñada en poner en marcha un sistema que le permita realizar automáticamente la captura de datos y facilite la telemedición y el telecontrol.

Los sistemas SCADA se conforman de las siguientes etapas funcionales: En la primera etapa, están los dispositivos dedicados a la captura de datos, mediante las llamadas unidades terminales remotas (UTR). Una se-

gunda etapa, es la comunicación entre las UTR con el centro de control, pudiendo ser esta por vía telefónica, por medio de radio comunicación, onda portadora o microonda. La tercera etapa se ejecuta en el centro de control, a donde llega la información de todas las UTR para su procesamiento.

Si se desea implementar los sistemas SCADA descritos anteriormente, deben realizarse inversiones muy altas, además de introducirse generalmente hacia una gran dependencia tecnológica. No obstante, existen sistemas locales de adquisición de datos, que pueden utilizarse en áreas más pequeñas, como por ejemplo dentro de una subestación eléctrica o una central y cuyo costo es más asequible.^(3,4)

2. OBJETIVOS DEL SISTEMA CADSE02⁽⁵⁾

Localmente la EERCS C.A. se halla empeñada en buscar una solución con tecnología a su alcance, emprendiendo en pequeños sistemas de adquisición de datos para luego irlos adicionando hasta llegar a proyectos mayores, para los cuales se pueda buscar la ayuda de organismos nacionales e internacionales.

Con los antecedentes indicados, el proyecto aquí presentado (CADSE02, Captura de Datos y Control de la S/E 02)⁽⁵⁾ se basa en un sistema de componentes de bajo costo y con equipos que pueden conseguirse en el mercado local.

En una S/E los datos de interés como, Potencia Activa, Potencia Reactiva y Tensión, son señales de tipo analógico. Además, se requiere conocer la información sobre señales del estado de los disyuntores y de las protecciones, las mismas que se toman de los contactos de relés auxiliares. Para la toma de las señales analógicas se requieren de transductores, que transforman señales eléctricas de un cierto nivel de tensión a un rango que pueda ser "manejado" por equipos de muy baja potencia. Luego de los transductores, las señales analógicas deben ser convertidas a digitales a través de tarjetas convertidoras analógico-digitales.

Para el manejo de las señales de estado o digitales, se requiere de acoplamiento digital-digital, que aisle galvánicamente a los elementos y circuitos de gran potencia de la S/E con los dispositivos electrónicos para la adquisición de datos y control.

Todos los componentes indicados conectados a un microcomputador convencional (IBM o compatible), manejado por un "software" "hecho en casa", se constituye en el objetivo principal del presente trabajo.

Con las ventajas indicadas, se puede fácilmente continuar con mejoras y ampliaciones, como la transmisión de datos capturados hacia un Centro de Supervisión y Control, en donde posteriormente puedan ser procesados. Además, el sistema faculta la realización de control de cierre y apertura de disyuntores, con órdenes emanadas desde el microcomputador.

Este proyecto realizado entre la Universidad de Cuenca y la EERCS C.A., es el primero en su tipo ejecutado en el país. Posteriormente a éste, se pueden desarrollar muchos trabajos de investigación y desarrollo, como pueden ser: el diseño y construcción de transductores

de acoplamiento eléctrico⁽⁶⁾ la transmisión de datos, el procesamiento de información para el control, supervisión y operación del SEP⁽⁷⁾, y la integración de todas las etapas funcionales necesarias para conformar un sistema SCADA⁽⁸⁾.

El trabajo relatado en este artículo ha consistido en diseñar, construir e instalar el sistema, "hardware"; y, elaborar los programas computacionales, "software", para realizar la captura de datos analógicos en régimen permanente y la toma de señales de estado, que se producen en la operación de la SUBESTACION No. 02 de la EERCS C.A..

Para poder realizar las pruebas necesarias del sistema sin tener que montarlo desde el inicio en la S/E, se diseñó y construyó un símil de la S/E No. 02; el mismo que servirá como material para futuras investigaciones y uso didáctico.

3. CAPTURA DE DATOS Y CONTROL DE SUBESTACIONES ELECTRICAS CON MICROCOMPUTADORES

3.1 Características Generales

Una S/E está constituida por, líneas de sub-transmisión, barras, transformadores de potencia, alimentadores y equipos auxiliares para el manejo y protección. El proceso utilizado para la captura de datos y el control en una S/E se realiza de la siguiente manera:

A los tableros llegan las señales analógicas de los transformadores de medición del patio de fuerza. Para enviar estas señales, en niveles aceptados por el microcomputador, se instalan transductores de tensión, transductores de potencia activa y transductores de potencia reactiva, los mismos que toman corrientes y tensiones de los transformadores de corriente (TC) de los alimentadores y de los transformadores de tensión (TP), conectados en las barras de la S/E. Los transductores transforman señales eléctricas sinusoidales (tensiones, corrientes, potencias activas y potencias reactivas) en lazos de corriente continua que puedan ingresar a los varios canales de una tarjeta convertidora analógico-digital, que está montada en uno de los puertos libres del microcomputador.

Por su parte, las señales de estado requieren de una fuente regulada y estabilizada que se encarga de enviar la señal de los contactos auxiliares de los disyuntores, de los relés de protección de los alimentadores, de los sensores de sobre temperatura y relés de los transformadores. Estas señales van a la tarjeta convertidora digital-digital que también esta montada en uno de los puertos libres del microcomputador.

Un programa computacional hace que todo el equipo indicado anteriormente realice la captura de datos y el control de apertura y cierre de los disyuntores (ver figura 1).

Para realizar el control de operación de los disyuntores se requiere del diseño y construcción de un circuito electrónico que reciba las señales del microcomputador, aisladas por medio de optoacopladores y luego amplificadas para controlar relés auxiliares que accionan las bobinas de cierre y apertura de los disyuntores.

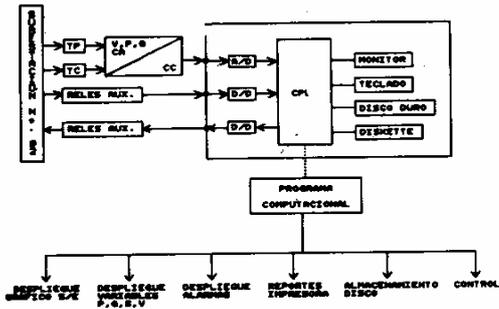


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de captura de datos y control CADSE02

3.2 Descripción de los requerimientos de Adquisición de Datos de la S/E 02.

Para el proyecto descrito en este artículo se ha escogido a la S/E 02 por las siguientes razones:

- En el edificio que se encuentra montada la S/E, se halla también instalado el centro de supervisión y control, lo que ayudará en un futuro muy cercano a la conexión del sistema de captura de datos de la S/E al SCADA general de la ERCS C.A.
- Su ubicación en el centro de la ciudad, facilita por su cercanía la realización de pruebas, adecuaciones, etc., de manera muy rápida.
- Sus características técnicas son relativamente más sencillas que el resto de subestaciones.

El diagrama unifilar de la S/E No. 02, que sirve al Centro de la ciudad de Cuenca, se halla representado en la figura 2.

A continuación se describen todas las señales a ser capturadas en la S/E No. 02:

- Tensión, en kilovoltios (KV), para las 2 barras.
- Potencia activa, en megavatios (MW), en cada uno de los alimentadores de salida; en total 4.
- Potencia reactiva, en megavoltamperios reactivos (MVAR), en cada uno de los alimentadores de salida; en total 4.
- Señales de estado de los 9 disyuntores, en los contactos auxiliares, tanto en contactos cerrados como en abiertos; en total 18.
- Señales de estado de los relés de protección; en total 8.
- Señales de estado de los relés de protección y de temperatura de los transformadores; en total 4.
- Señal de estado que indica que el banco de baterías de la S/E tiene la carga baja; en total 1.

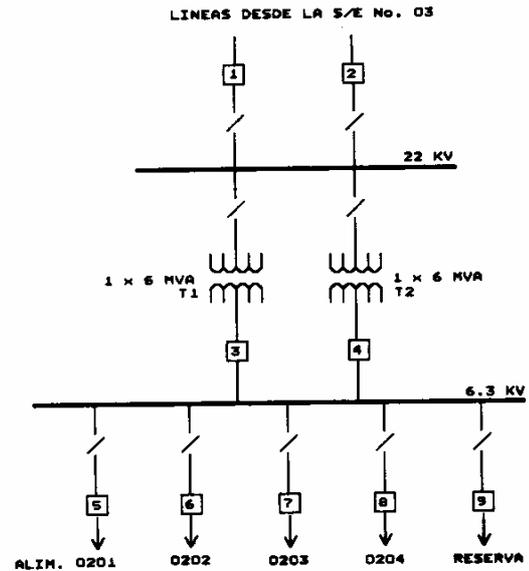


Figura 2. Diagrama unifilar de la S/E No. 02

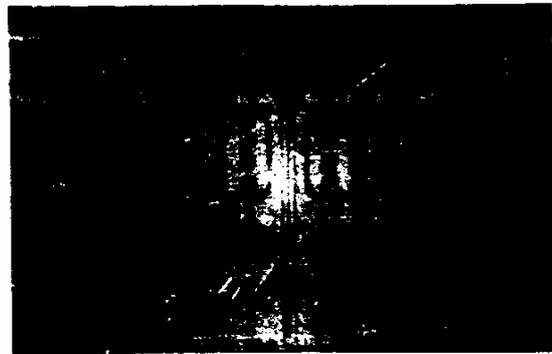


Figura 3. Vista de los tableros de Medición, Control y Protección de la S/E No. 02.

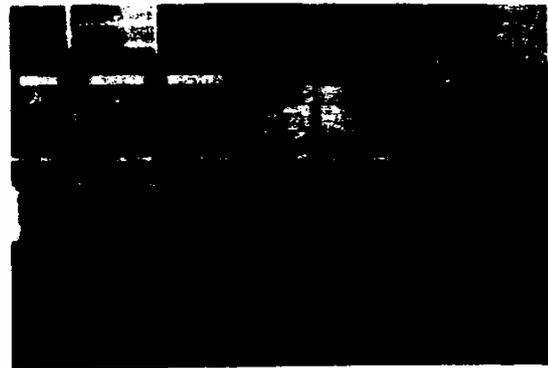


Figura 4. Vista de los disyuntores tipo "Metal Clad" de la S/E No. 02

h. Por último, el control de cierre y apertura de los 4 disyuntores, de los alimentadores, desde el microcomputador. Estas maniobras pueden ser habilitadas o no desde la llave de transferencia local/remoto del tablero de la S/E.

4. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO PARA EL PROYECTO CADSE02

Para determinar el tipo, características y cantidad de equipos que se emplean en el sistema, se considera lo expuesto anteriormente así:

Para capturar las señales de tensión de las barras de 22KV y de 6.3 KV, se utiliza 2 transductores de tensión, uno para cada nivel, los cuales toman las señales de los transformadores de tensión de las dos barras. La tensión medida corresponde a la de fase-neutro de una de las barras existentes en cada nivel, de acuerdo al principio general utilizado en este tipo de sistemas.

Para capturar las señales de potencia tanto activa, como reactiva en los cuatro alimentadores de salida, se usa 4 transductores para potencia activa y 4 para reactiva, del tipo de 3 fases-2 elementos para carga asimétrica^(10, 11, 12), los cuales toman la señal proveniente de los transformadores de tensión de la barra de 6.3 KV y las señales de dos transformadores de corriente conectados en los alimentadores (ver figura 5).



Figura 5. Transductores de P y Q del alimentador 0201 instalados en Febrero/93 en los tableros de la S/E 02^(10, 11, 12).

En lo referente a las señales analógicas, se determina que la tarjeta convertidora A/D⁽¹³⁾ debe poseer un número mínimo 10 canales (2 canales para las tensiones en barras, 4 para potencias activas y 4 para potencias reactivas de los alimentadores de salida de la S/E no. 02). En vista que las tarjetas se

construyen con un número de entradas múltiplo de 8, se ha escogido una con 16 canales de entrada con un rango de tensión de 0 a 10 Vcc.

Para tomar las señales de estado, se requiere una tarjeta D/D⁽¹⁷⁾ que tenga como mínimo 32 entradas digitales; por lo que se ha escogido una tarjeta con 32 canales de entrada. Dichas señales provienen de contactos de relés auxiliares de los dispositivos de protección y sobretensión de los dos transformadores, contactos de relés auxiliares que indican el estado de los disyuntores, contactos de un relé detector de baja tensión instalado en el banco de baterías de la S/E.

En lo que se refiere al control de apertura y cierre de los 4 disyuntores de los alimentadores de salida, es necesario tener una tarjeta que tenga 8 salidas digitales, 2 por cada disyuntor. De ésta tarjeta las señales de estado que salen son amplificadas para el manejo de las bobinas de apertura y cierre de los disyuntores.

Cabe indicar que no se miden las potencias activas y reactivas en las 2 líneas de entrada a la S/E No. 02, así como no se hace el control de apertura y cierre de los 4 disyuntores restantes; ya que la EERCS CA decidió probar una primera fase de implantación restringiendo al número indispensable de señales a ser capturadas y el control de los disyuntores fundamentales. Posteriormente y por el éxito logrado, y realizado un análisis costo/beneficio, podrá ampliarse las señales a ser manejadas.

Para probar la validez de la concepción funcional del sistema, se construyó primeramente un símil de la S/E 02. Sobre esta base se trabajó en el desarrollo del programa computacional y en el diseño del sistema para la S/E.

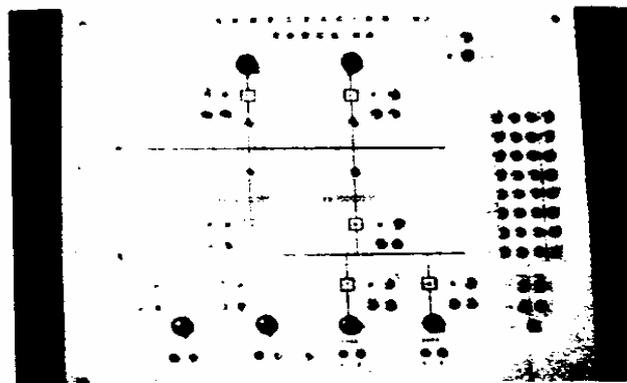


Figura 6. Fotografía del símil de la S/E 02.

El símil de la S/E No. 02 se diseñó considerando las señales analógicas y de estado que captura el sistema. En la S/E, las señales analógicas se toman de la salida de los transductores y se tienen tensiones entre 0 VCC y 10 VCC, en el símil se tienen estos niveles de tensión, los que pueden variarse mediante potenciómetros para simular las variaciones de tensiones y potencias. Las señales de estado se las toma de los contac-

tos abiertos y cerrados de microrelés que simulan a los disyuntores. Las señales de actuación de protecciones y alarmas, se las simula con interruptores, como puede observarse en la fotografía, que contiene el tablero de control del símil.

Para poder realizar una comparación de los valores de tensión en los diferentes puntos del símil, con los valores tomados por el computador, se han incluido en el símil terminales accesibles, para que estas señales puedan ser medidas con un voltímetro.

El sistema de captura de datos para la S/E No. 02 maneja tres tipos de señales: señales analógicas, señales de estado y señales de control.

En vista que se necesita una fuente auxiliar de 12 VCC para las señales de estado, además de optoacopladores para las señales de control, se diseña una caja de interconexión en la cual van los elementos mencionados.

En esta caja se encuentran los conectores para la entrada y salida de las señales, así como el interruptor de la fuente de alimentación para las señales de estado y el interruptor que realiza el control de los disyuntores.

Se toman diez señales analógicas (2 de tensiones en barras, 4 de potencias activas y 4 de potencias reactivas de los 4 alimentadores de salida). Estas señales se las toma desde la salida de los transductores, puesto que las salidas de los transductores, son lazos de corriente, se coloca en serie un potenciómetro a la salida de cada transductor para obtener una señal de tensión, estas señales de tensión son enviadas mediante cable multiplex apantallado hasta la caja concentradora y luego a la caja de interconexión que se en-

cuentra junto al computador, desde esta caja sale un cable plano de 50 hilos hasta el computador (ver figura 7).

El cable multiplex apantallado va dentro de tubería metálica y tanto la tubería como la pantalla del cable están conectadas a tierra.

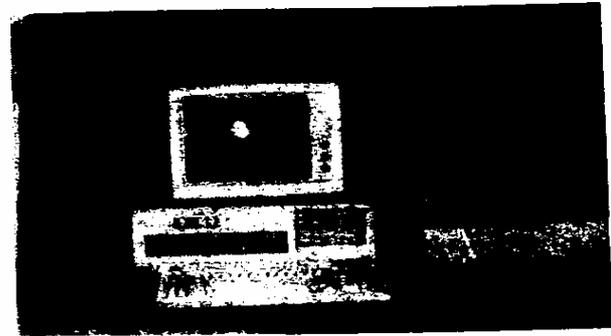


Figura 8. Fotografía del computador, impresora y caja de interconexión, en operación.

Las señales de estado que se toman son 32 (18 de disyuntores, 8 protecciones de disyuntores, 4 alarmas de transformadores, 1 alarma del banco de baterías y 1 estado del selector local o remoto).

Las 18 señales de estado de los 9 disyuntores se las toman desde los contactos auxiliares de los mismos y se las llevan mediante cable multiplex apantallado hasta la caja concentradora y luego a la caja de interconexión (ver figura 7). Las demás señales de estado salen del tablero de control de la S/E, y estas señales se las envía por cable multiplex.

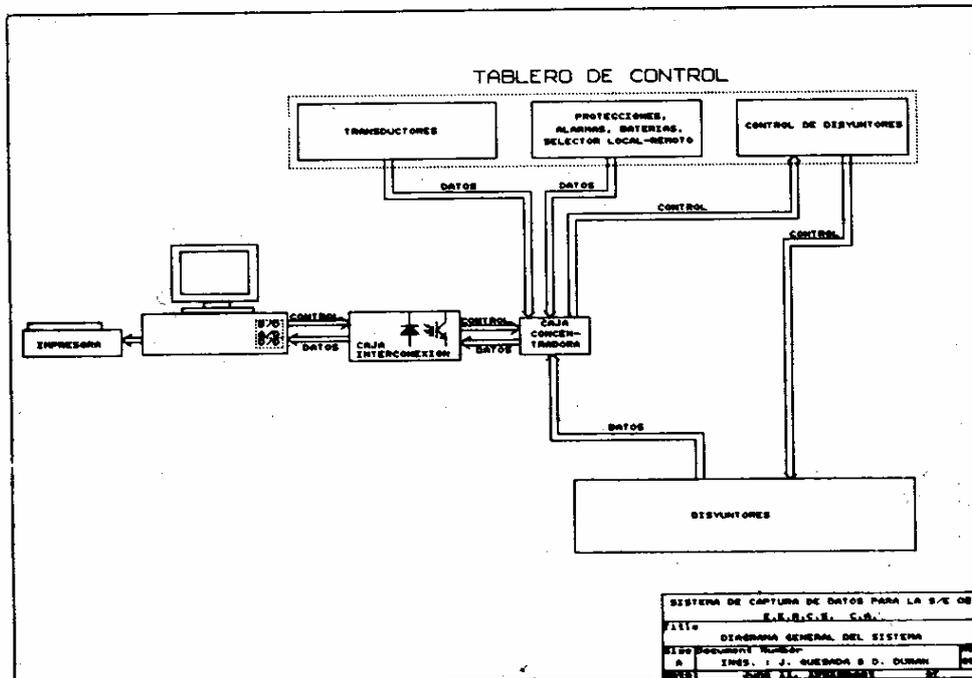


Figura 7. Diagrama general del sistema CAD-SE02.

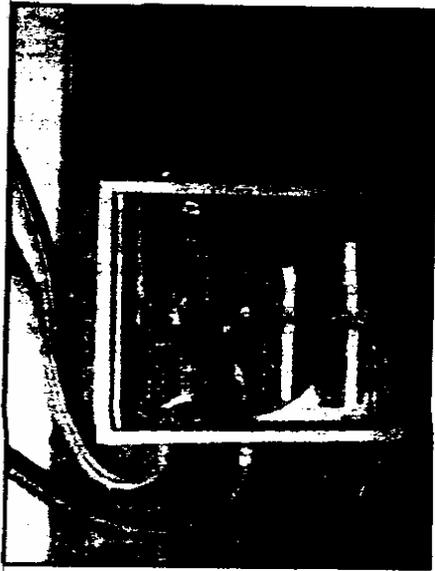


Figura 9. Vista de la Caja Concentradora de señales.

Las señales de control (mando) dadas por la tarjeta instalada en el computador llegan hasta la caja de interconexión por medio del cable plano, en la caja de interconexión estas señales llegan a la etapa con optoacopladores que controlan las bobinas de los relés auxiliares, para tener luego la etapa de potencia desde los contactos de estos relés que accionan las bobinas de apertura y cierre de los disyuntores.

En el tablero de la S/E se coloca un selector general que permite accionar los disyuntores en forma local o remota.

5. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL PROGRAMA COMPUTACIONAL CADSE02

El programa denominado CADSE02 está realizado en lenguaje C^(12,14) y se ha diseñado para la Captura de Datos y el Control de la Subestación (S/E) 02. Este programa monitorea: tensiones, potencias activas, potencias reactivas, estado de disyuntores, señales de protecciones y realiza la operación de apertura y cierre de cuatro disyuntores de los alimentadores de la S/E No. 02.

El programa está diseñado para funcionar en computador preferentemente con monitor a color, para resaltar el diagrama unifilar de la S/E que tiene colores característicos para las diferentes barras y presentación de datos, de acuerdo a lo establecido en el centro de control de la ERCS CA.

El programa controla:

- 10 canales de entrada analógico/digital,
- 8 canales de salida digital/digital,
- 32 canales de entrada D/D
- Pantalla de presentación de datos en tiempo real,
- Presentación de alarmas en tiempo real,

- Tabla principal,
- Tabla de configuración de canales analógicos,
- Tabla de configuración de horas de impresión,
- Menú de operación de disyuntores,
- Operación de disyuntores,
- Alarmas de fuera de rango de canales analógicos,
- Alarmas de confirmación de estado de disyuntores y actuación de protecciones,
- Acceso a disco duro,
- Tiempo de envío de datos a disco duro, que pueden ser utilizados en hoja electrónica
- Acceso a impresora,
- Presentación de hora y fecha del reloj de tiempo real,
- Ingreso de claves de acceso.

La figura 10 presenta el diagrama de flujo simplificado del programa de control del sistema SCADA de la de la S/E No. 02.

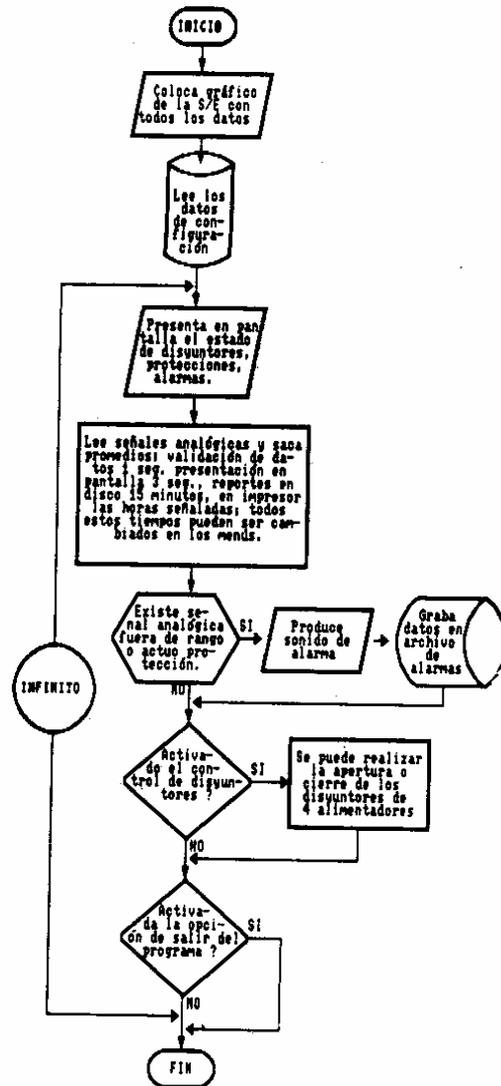


Figura 10 Diagrama de flujo del sistema CADSE02.

Los datos capturados son mostrados en la pantalla, con un tiempo de refrescamiento que puede ser calibrado como desee el operador. Además, estos pueden ser almacenados en el disco duro y ser enviados a la impresora.

El programa presenta la pantalla principal, con el diagrama de la S/E 02 y todos los datos relacionados con ella, de la siguiente forma:

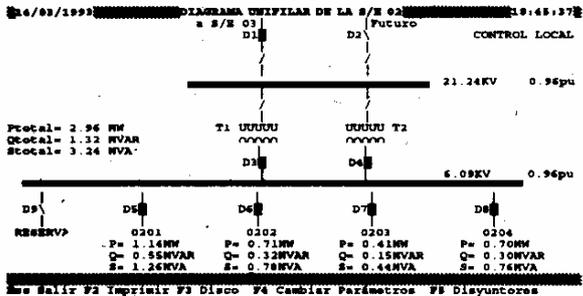


Figura 11 La pantalla principal (a color) despliega las magnitudes eléctricas y estados de disyuntores.

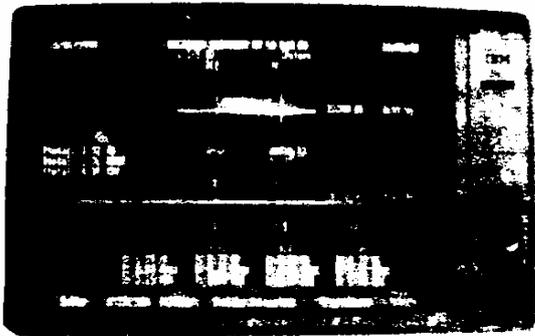


Figura 12 Fotografía de la pantalla principal.

Las opciones del menú, indicadas en la parte inferior de la pantalla permite realizar lo siguiente:

- (Esc) Salir Menú para confirmar la salida al DOS.
- (F2) Imprimir Activación o desactivación de salida de datos por impresora.
- (F3) Disco Activación o desactivación de grabado en archivos de datos y de alarmas en el disco duro.
- (F4) Cambiar parámetros
 - Tabla principal
 - Tabla de tiempos y activación de sonido de alarma.

Datos analógicos

Tablas de factores de ajuste de canales analógicos, designación de límites y asignación de canales.

Tabla de impresión
Tabla del horario de impresión.

(F5) Disyuntoras Activación o desactivación del control para la operación de disyuntoras.

Se puede realizar el cambio de parámetros como: tiempos de promedio para grabado y reporte de datos, límites para accionamiento de alarmas, factores de ajuste de señales analógicas y el horario de impresión. Todas las opciones son inmediatamente accesibles por toques de teclas, que despliegan menús del sistema.

Para precautelar la seguridad en el manejo de la información, todas las opciones requieren de una clave de acceso que la conoce sólo personal autorizado.

Los valores que pueden ser modificados dentro de la TABLA PRINCIPAL se muestran en la siguiente pantalla:

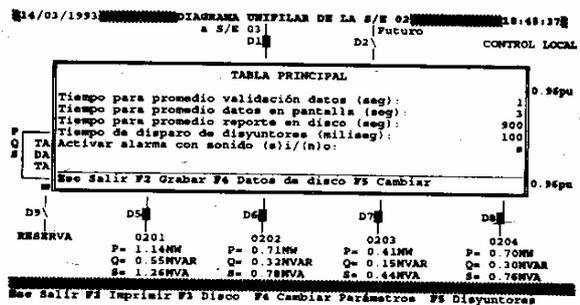


Figura 13 Opción de cambio de tiempos para el CADSE02.

Para poder realizar la calibración del sistema y sus rangos de operación, además de tener toda la información sobre los canales de entrada analógicos, se tiene la siguiente tabla:

CANALES DE ENTRADA ANALÓGICOS

canal	Etiqueta	Unidad	Tipo	Elem.	(MVA)	L. Bajo	L. Alto	K1= a X1	K2= b
00	V. barra 22KV	KV	Unip	n/c	0.00	19.80	24.20	2.359	0.00
01	V. barra 6.3KV	KV	Unip	n/c	0.00	5.67	6.93	0.837	0.00
02	P. ALIN. 0201	MW	Unip	línea	6.00	0.00	2.30	0.277	0.00
03	P. ALIN. 0202	MW	Unip	línea	6.00	0.00	2.00	0.273	0.00
04	P. ALIN. 0203	MW	Unip	línea	6.00	0.00	2.00	0.277	0.00
05	P. ALIN. 0204	MW	Unip	línea	6.00	0.00	2.00	0.275	0.00
06	Q. ALIN. 0201	MVAR	Unip	n/c	0.00	0.00	2.00	0.275	0.00
07	Q. ALIN. 0202	MVAR	Unip	n/c	0.00	0.00	2.00	0.276	0.00
08	Q. ALIN. 0203	MVAR	Unip	n/c	0.00	0.00	2.00	0.307	0.00
09	Q. ALIN. 0204	MVAR	Unip	n/c	0.00	0.00	2.00	0.274	0.00
10	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00
11	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00
12	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00
13	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00
14	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00
15	n/u	n/u	Unip	n/c	0.00	0.00	10.00	1.000	0.00

Esc Salir F2 Grabar F4 Datos de disco F5 Cambiar

La selección de la frecuencia de impresión se la hace en la siguiente tabla de impresión:

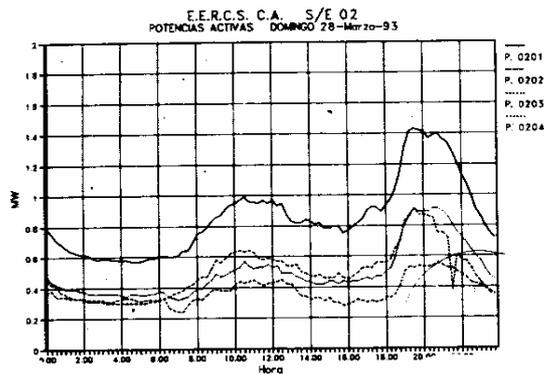


FIGURA 16 Curvas de potencia activa de los cuatro alimentadores de la S/E 02 (14/03/93).

6. ANALISIS DEL BENEFICIO DEL PROYECTO

Los beneficios que presenta el sistema son los siguientes:

- Visualización del operador o de personal de la Empresa, de la información de manera centralizada. En el monitor del computador se despliega toda la información de la S/E, esto es valores de tensiones en barras, potencias activas, reactivas y aparentes, estado de disyuntores (abierto o cerrado), estados de protecciones o alarmas.
- Posibilidad de realizar el control de manera local o de manera remota desde el Centro de Control de la EERCS CA, una vez que se haya desarrollado la fase de telecomunicaciones.
- Grabado de archivos en forma automática en el disco duro. Estos archivos contienen toda la información de la S/E. Son generados automáticamente y almacenan información en intervalos de tiempo establecidos o cuando se presentan cambios de estado de disyuntores, actuación de protecciones o de alarmas.
- Generación de reportes en impresora en línea. Es decir se imprime la información en la hora especificada y de manera automática.
- Con la información almacenada se pueden realizar cálculos de energías, reportes de fallas, analizar las condiciones inmediatamente antes de las fallas e inmediatamente después de las fallas, tiempos promedios de fallas, frecuencia de fallas, etc.

A más de los beneficios operativos indicados pueden incluirse los siguientes de orden técnico/económico.

- El desarrollo del proyecto ha capacitado a personal técnico local para el diseño, construcción e instalación de sistemas de adquisición de datos como el indicado.

El mantenimiento o mejoramiento futuro se vuelve más sencillo y directo, al contar con personal capacitado y que conoce del proyecto localmente.

El costo de implementación del CADSE02 es de alrededor de 1/3 de sistemas similares, diseñados y construidos en el extranjero (US \$ 8500, excluyendo los transductores).

Por lo tanto, el beneficio local, regional y del país al emprender un proyecto de este tipo resulta evidente.

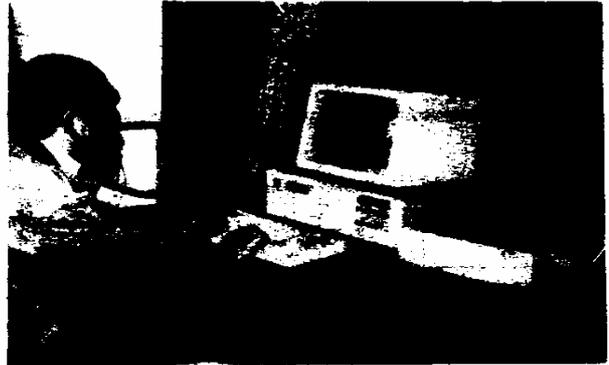


Figura 17 Realización de Consultas y operación del sistema CADSE02 en la S/E 02.

7. CONCLUSIONES

Se han cumplido los objetivos del proyecto, esto es realizar un sistema modular y tener una apertura total del mismo.

El sistema esta funcionando en buenas condiciones de exactitud y confiabilidad.

Se tiene una alta precisión en los valores capturados, como puede observarse en los cuadros 1 y 2. La precisión del sistema es de clase 0.3.

Se realiza el control de disyuntores, de una manera confiable.

La versatilidad del sistema, permite ilimitadas posibilidades, con pequeñas modificaciones en el programa y en el equipo como son tarjetas, transductores, relés, etc, se puede realizar la captura de datos y control de cualquier subestación independiente de su configuración, este sistema también se presta para la captura de datos y control automático de procesos industriales, por la alta velocidad que se obtiene entre la toma de los datos y la acción que se puede realizar en base de estos datos capturados que es del orden de pocos milisegundos.

El lenguaje TURBO C++, utilizado para implementar el programa, da excelentes resultados para la presentación, así como por la alta velocidad de ejecución que se obtiene.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar mejores técnicas de programación para sistemas en línea y de esta manera mejorar el programa. Deberá continuarse con un proyecto ya iniciado para efectuar la transmisión de datos y de esta manera enviar los datos capturados a un centro de control, como el que dispone la EERCS CA, para que se reciba la información en tiempo real, se tomen decisiones y se efectúe el control sobre los disyuntores en forma remota.

Debido a las características prácticas y el costo reducido de este tipo de sistemas, se recomienda su instalación en otras Subestaciones y Centrales de la EERCS CA y en otras empresas eléctricas del país.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca deberá impulsar la ampliación de investigaciones y estudios en temas complementarios al mismo, para conducirlos hacia un verdadero desarrollo tecnológico con proyección nacional.

REFERENCIAS

- [1] J. Quesada, D. Durán, "Sistema de Captura de Datos para la S/E No. 02 de la E.E.R.C.S. C.A.", Tesis de Grado en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cuenca, Cuenca, Abril, 1993.
- [2] M. Ulloa, "Sistema de Adquisición de Datos, Supervisión y Control de Sistemas Eléctricos de Potencia", Tesis de Grado en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cuenca, Cuenca, Diciembre, 1990.
- [3] A. Borrero, F. Durán, D. Andrade, "Uso de Microcomputadores para estudio de Señales Transitorias en Circuitos y Sistemas Eléctricos mediante la adquisición de datos", VII JIEE, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Mayo, 1986, pp. 8-19.
- [4] D. Andrade, F. Durán, "Sistemas de Adquisición de Datos Mediante Microcomputadores para el Estudio de Señales en Circuitos y Sistemas Eléctricos", Tesis de Grado en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cuenca, Cuenca, Noviembre, 1985.
- [5] Brown Boveri Company (BBC), "Measuring Transducers", Education and Training, Suiza, December 1978.
- [6] CEWE Instrument, "Electrical Measuring Transducers", Suecia, 1987.
- [7] CONTEC, "PIO 32 SERIES, For the IBM PC XT and AT User's Guide", San José, Calif., November, 1991.
- [8] Industrial Computer Source, "Model ML16-P Reference Manual Product Manual", San Diego, Calif., 1990.
- [9] A. Araujo, C. Rosas, "Diseño y Construcción de Transductores de Magnitudes Eléctricas", Tesis de Grado en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cuenca, Noviembre, 1992.

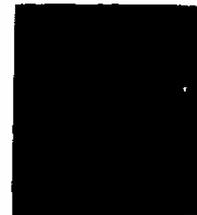
- [10] GEC ALSTHOM Protection & Control Limited, "Operation and Maintenance. ISTAT 300. Case Type Transducer, Mean Sensing Voltage Transducers", England, June, 1991.
- [11] GEC ALSTHOM Protection & Control Limited, "Operation and Maintenance. ISTAT 300. Case Type Transducer, Power Transducers", England, March, 1991.
- [12] GEC ALSTHOM Protection & Control Limited, "Operation and Maintenance. ISTAT 300. Case Type Transducer, Reactive Power Transducers", England, March, 1991.
- [13] H. Schildt, "C Completo e Total", McGraw Hill, Sao Paulo.
- [14] H. Schildt, "Programación en Turbo C", Borland - Osborne/McGraw Hill, Madrid, 1988.
- [15] A. Borrero, C. Durán, A. Cabrera, "Despacho Hidrotérmico en Sistemas Eléctricos Pequeños", X JIEE, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Junio de 1989, pp. 149-160.

BIOGRAFIAS

ING. ANTONIO BORRERO VEGA. ver art. "RECONFIGURACION DE ALIMENTADORES PRIMARIOS" en esta publicación.



ING. JORGE GIOVANNI QUESADA RIERA. Nació en Cuenca el 30 de Junio de 1964. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Técnico Salesiano de la ciudad de Cuenca, obteniendo el título de bachiller en 1982. Se graduó de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Cuenca en Abril de 1993.



ING. DIEGO V. DURAN CONTRERAS. Nació en Cuenca el 6 de Febrero de 1965. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Técnico Salesiano de la ciudad de Cuenca, obteniendo el título de bachiller en 1982. Se graduó de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Cuenca en Mayo de 1993.

Actualmente trabaja en el departamento de Mantenimiento de Cerámica Rialto desde Enero de 1992.