

CONTROL Y GESTION DE CARGAS ELECTRICAS EN
ESTACIONES URBANAS DE DISTRIBUCION

ING. ALFREDO MENA PACHANO
GERENTE GENERAL
EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.

ING. HERNAN ANDINO ROMERO
JEFE DE LA DIVISION OPERATIVA DE DISTRIBUCION
EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.

RESUMEN

El presente artículo describe el Sistema de Control y Gestión de Cargas Eléctricas en Estaciones Urbanas de Distribución, implementado en la Empresa Eléctrica Quito S.A. bajo la subvención de la Comunidad Económica Europea.

Este es un sistema digital implementado para una zona piloto de la ciudad de Quito. En este artículo se describe y analiza a grandes rasgos la filosofía del sistema y sus elementos integrantes.

INTRODUCCION

Los problemas de administración de carga en redes de distribución, en la actualidad vienen siendo tratados con sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA) y una serie de técnicas adicionales que permiten minimizar los problemas incrementando la confiabilidad y seguridad de los sistemas de distribución. En la EEQ. se ha podido implementar este sistema prototipo que permitirá en primera instancia adquirir una experiencia que servirá de base para ir creciendo paulatinamente. Este sistema ha sido posible obtenerlo en base de una subvención económica asignada por la Comunidad Económica Europea al Gobierno del Ecuador y que de acuerdo a sus características particulares se ha tenido que pasar por varias etapas hasta llegar a su punto culminante que es la implementación del sistema.

Estas etapas se describen a continuación:

1.- Conocimiento del proceso administrativo de la subvención asignada por la Comisión de Comunidades Europeas al Gobierno del Ecuador en la persona jurídica de la Empresa Eléctrica Quito S.A. para el financiamiento de este proyecto.

1.1 Concepción del proyecto.

La Comunidad Económica Europea había ofrecido al Ecuador una cierta cantidad de dinero con el fin de que se invierta en proyectos que tiendan a reducir pérdidas y consumos de energía. El Gobierno del Ecuador a través del Ministerio de Energía y Minas había pensado que uno de los rubros importantes en energía, se constituye el sector eléctrico, bajo esta premisa, consideró que la Empresa Eléctrica Quito S.A. con toda su infraestructura y estado tecnológico demostrado a través del servicio eléctrico que presta a la ciudad de Quito, podía ser la institución más adecuada para llevar a cabo un proyecto que permita cumplir con los fines propuestos por la Comunidad Económica Europea, en cuanto a reducción de consumos energéticos se refiere.

Una vez que el Ministerio de Energía y Minas ofreció a la Empresa Eléctrica dicha subvención, esta Empresa acogió de muy buena gana y con total responsabilidad este ofrecimiento que se viene a constituir en la cristalización de un proyecto que originalmente la División Operativa de Distribución lo había planteado a nivel de crear un Centro de Distribución, pero que por razones

económicas, por su alto costo, la Empresa ELéctrica Quito, no estaba en condiciones de realizarlo con sus propios fondos.

La cantidad que la Comunidad Económica Europea había asignado era para desarrollar el proyecto que de antemano, esta Institución de desarrollo, había titulado "Control y Gestión de Cargas en Estaciones Urbanas de Distribución", ésto significó que la EEQ. debía desarrollar un proyecto acorde con el objetivo del título y evidentemente en el sector de Distribución.

Con todos estos antecedentes se concibió el proyecto que se ha desarrollado y en el mismo ha intervenido desde su etapa inicial el Instituto Nacional de Energía (INE), como condicionante del Gobierno del Ecuador, ya que es el ente regulador del desarrollo energético en el país.

1.2. Contratación y pueata en marcha de la Fase I.

Con el objeto de dar viabilidad al proyecto, una comisión integrada por un Delegado de la Comunidad Económica Europea, un Delegado del Instituto Nacional de Energía y un Delegado de la Empresa ELéctrica Quito hizo un análisis de la infraestructura básica que serviría de soporte para realizar el proyecto y determinar cual debía ser la etapa a desarrollarse. Es necesario tomar en consideración que la Comunidad Económica Europea había concebido el hecho de que este proyecto debía partir desde la etapa de estudios de factibilidad, pero luego del análisis de la información técnica que disponía la EEQ-SA., se determinó que prácticamente esta etapa no era necesaria hacerla, sino más bien, ir a una etapa más avanzada como es la implementación del sistema de Control y Gestión de Cargas ELéctricas, debido a que los estudios técnicos del sistema que la EEQ-SA posee se constituyen en lo que originalmen-

te la Comunidad Económica Europea había pensado realizar.

De acuerdo a las conclusiones a las que se llegaron, se procedió a la elaboración de las bases y al llamado al Concurso, al mismo que fueron invitadas las siguientes compañías:

- Systems Europe
- Lahmeyer International Consulting Engineers
- Electro Consult
- Empresa Nacional de Ingeniería y Teconología (INITEC).
- Inter G.
- British Electricity International Limited (BEI)
- Traccionel Electrobél Engineering.

Presentaron ofertas para el mencionado Concurso las firmas Systems Europe y Lahmeyer International Consulting Engineers, de las cuales después de los análisis respectivos se adjudicó el contrato a la compañía Systems Europe, la misma que ha llevado a cabo la implementación del sistema en forma satisfactoria y dentro de los plazos previstos.

La cantidad asignada originalmente para esta fase fue insuficiente por lo que se realizó una solicitud a la Comunidad Económica Europea en el sentido de incrementar la asignación, la misma que fue concedida en forma inmediata, naturalmente previo la presentación de los justificativos correspondientes, en el sentido de que se iba a dejar incompleta la implementación para el proyecto previsto.

1.3 Consecución de la extensión para el desarrollo de la Fase II.

El proyecto en general ha sido exitoso debido a que se ha cumplido con los siguientes propósitos:

- 1.- Implementar un sistema de control de carga

en las redes de distribución mediante tecnologías modernas.

2.- Intervención y desarrollo de las compañías locales de Ingeniería con la correspondiente transferencia de tecnología.

3.- Construcción local de varios elementos necesarios para el proyecto por parte de compañías locales, lo cual significa también transferencia de tecnología.

De acuerdo a como estuvo previsto el proyecto se ha cumplido dentro de plazos estimados.

Los resultados obtenidos en esta etapa de implementación han sido exitosos debido a que se ha cumplido la planificación realizada originalmente, todos los recursos humanos y materiales que se han utilizado han permitido conseguir una adecuada coordinación de manera que el sistema tenga un comportamiento exitoso.

Por todas las razones anotadas la Comunidad Económica Europea que es el Organismo que financia este proyecto se encuentra muy satisfecha de que un proyecto financiado por esta Institución de desarrollo esté implementado dentro de plazos previstos y se hayan cumplido las metas originalmente trazadas, razón por la cual ha acogido de muy buena manera el pedido de la posibilidad de implementar en idénticas condiciones todo el sistema de distribución de energía eléctrica en la ciudad de Quito. Estas gestiones están aún en la etapa de conversaciones, las mismas que están soportadas en análisis de las necesidades futuras del sistema eléctrico de Quito.

1.4. Intervención de la ingeniería local: consultoría y fabricación de elementos para este proyecto.

Dentro del proyecto se contempla la intervención de la Escuela Politécnica Nacional y varias compañías locales que serían el soporte tecnológico

para el desarrollo del proyecto y es así como se han realizado estudios y actualización del sistema de distribución de la ciudad de Quito; específicamente, el sector del proyecto, cuenta con la intervención de la compañía INELIN, conjuntamente con la compañía consultora Systems Europe, a través de compañías contratadas para este efecto, como es la compañía INTRADEL de España y consultores individuales.

La intervención de la Escuela Politécnica Nacional ha sido un punto coyuntural de suma importancia por que ha permitido exportar su tecnología de investigación para el desarrollo de las RTUs y registradores portátiles, debido a que los equipos prototipo mencionados han sido construidos tomando como base el diseño realizado por la Escuela Politécnica Nacional con algunas modificatorias hechas con el fin de conseguir una optimización de este equipamiento, en este proyecto. Este trabajo lo han realizado conjuntamente con la compañía NEURODATA de Bélgica.

La compañía OPTRONIC fue seleccionada para que proceda a construir los equipos adicionales al prototipo, necesarios en las subestaciones del proyecto piloto.

Como se puede apreciar la intervención de las compañías locales ha sido muy importante y se considera que ha existido una transferencia mutua de tecnología.

Toda esta transferencia de tecnología ha sido de especial importancia para la Empresa Eléctrica Quito S.A. que ha intervenido a través de sus técnicos en el desarrollo e implementación del sistema, lo cual, produce evidentemente una transferencia de tecnología importante.

ASPECTOS TECNICOS:

2.1. Consideraciones preliminares.

Una vez que se adjudicó el contrato a la compañía

Systems Europe, se procedió, a establecer las responsabilidades de todas las partes que se involucraban en el proyecto, tomando en consideración que el mismo está destinado a hacer un control y gestión de la carga eléctrica en una zona piloto ubicada en el sector centro norte de la ciudad de Quito y que involucra a seis subestaciones de las cuales intervienen en el área de inflexión del mismo diez alimentadores primarios formando de esta manera una área cerrada delimitada por los límites físicos de los alimentadores primarios que entre sí permiten hacer interconexiones que facilitarían las posibles transferencias de carga.

2.2 Objetivos a alcanzarse con el desarrollo de este proyecto.

La Comunidad Económica Europea dentro de la filosofía establecida para este proyecto tuvo como metas el desarrollar acciones técnicas de tal manera de implementar un sistema simple, altamente técnico y adaptado a las condiciones reales de la ciudad de Quito, en otras palabras el hacer un sistema real para la ciudad de Quito y no usar sistemas comerciales que existen ya en el mercado que en muchas ocasiones se constituyen en inversiones desperdiciadas. Bajo esta consideración los objetivos de este sistema son:

- La gestión de la energía disponible y su afectación a las cargas prioritarias por medio de la supervisión de las demandas de potencia y la puesta en marcha, en caso necesario, de una acción programada de alivio de la carga;
- El análisis de los componentes de la carga y de la implementación de medios de supervisión en la red de media tensión, capaces de asistir a una política de explotación diferenciada.

2.3 Descripción general del sistema.

La tecnología moderna ha implementado en gran medida sistemas SCADA de diversa índole y uno de estos es el sistema SCADA propuesto por la compañía Systems Europe utilizado en este proyecto.

El sistema propuesto parte de la selección del equipo informático que lo soporta y de una separación clara entre sus dos funciones de base:

- La supervisión de los equipos de las subestaciones y el control de las cargas de los alimentadores primarios.
- El tratamiento y análisis de las cargas de salida y de las cargas distribuidas sobre la red de distribución.

La primera función es clásica. Su realización se basa normalmente en la puesta en marcha de un equipo de adquisición y de control de datos (SCADA) compuesto de un sistema central y de estaciones de adquisición de datos.

La segunda función (DMS) es específica del proyecto. Su objetivo consiste en almacenar y explotar la información sobre la carga y la topología de la red de media tensión.

Para la función DMS se tiene que se alimenta los datos en tiempo real así como en tiempo real extendido. Los datos en tiempo real son suministrados por el sistema SCADA y los datos del tiempo real extendido se los obtiene por medio de la información adquirida a través de los registradores portátiles mediante campañas de medición.

En cuanto al Hardware se refiere éste está compuesto de dos computadores PC Compaq 286 que sirven para el sistema SCADA y para el DMS, cada uno de los cuales tiene el correspondiente software para cumplir con las funciones impuestas.

EL sistema operativo con el que opera es el MS/DOS con una serie de utilitarios que permiten trabajar en tiempo real, lo cual viene a constituirse en un sistema digital muy versátil, de fácil operación y de acceso simple, por el sistema operativo que tiene con la posibilidad de implementar a futuro utilitarios adicionales.

Entre el SCADA y el DMS existe una red de interconexión LAN que permite la transferencia de datos.

Como elementos de salida se tienen impresoras y ploter a más de las pantallas especiales que permitirá al operador visualizar el estado de la red y también una pantalla normal que permite obtener los resultados del DMS.

2.4 Descripción del sistema de supervisión, control y adquisición de datos, SCADA.

Las especificaciones técnicas de este sistema responden a las necesidades del proyecto. El sistema ha sido probado e instalado en una máquina Compaq-286. Su simplicidad de utilización así como su flexibilidad se han manifestado desde su integración con el conjunto DMS.

Las características de este sistema que condujeron a su selección son las siguientes:

1. El sistema está diseñado especialmente para las necesidades de explotación de la distribución; las funciones que cumple y sus extensiones posibles son suficientes para el proyecto;
2. A excepción del procesador de transmisión frontal, todo el equipo es standard, garantizando un mantenimiento adecuado;
3. El sistema dispone de los utilitarios necesarios para el intercambio de información

con el sistema DMS, esto es: (1) un programa que permite el intercambio de archivos a través de una red LAN y (2) un utilitario que permite la creación de subrutinas en PASCAL capaces de acceder a la base de datos y de crear o leer archivos específicos;

4. El configurador de puntos y el generador de imágenes son utilizables en línea.

El Procesador Frontal de Comunicación.

El procesador se presenta bajo la forma de una tarjeta que se introduce en el PC SCADA. Este comprende dos canales de comunicación, pudiendo cada uno servir a una o varias unidades terminales remotas.

El procesador puede aceptar un modem incorporado o también puede establecer una interfase con un modem exterior o con un radio.

Las Unidades Terminales Remotas

Las unidades terminales remotas (RTUs) son de concepción original y han sido diseñadas y construidas especialmente para las necesidades del proyecto.

Estas son el resultado de una cooperación entre Systems Europe, la Escuela Politécnica Nacional de Quito y la firma NEURODATA (Liege, Bélgica). Actualmente el ensamblaje es hecho en el Ecuador. En una próxima etapa se ha previsto la fabricación local de la mayor parte de componentes.

Las características principales de las RTU llamadas SYSDATA/66/132 se resumen a continuación:

- Capacidad de 66 E/S por módulo de 6 E/S analógicos o digitales extensión posible a 132 E/S;
- Un procesador Z80;

- Auto configuración de los E/S;
- Aislamiento galvánico individual de los E/S;
- Protocolo compatible con EPC 6200;
- Comunicación RS232/ modem FSK/radio;
- Autonomía garantizada por una batería de auxilio;
- Presentación en un cofre metálico de 9 o 1 U (extensión) que comprende hasta 2 "racks" 19" (alimentación // tarjeta CPU, tarjeta de comunicación y tarjeta E/S // extensión).

El equipo de las subestaciones definido con ayuda de la compañía local INELIN (Quito) y bajo la asistencia de INTRADEL (Madrid, España) realizará lo siguiente:

- Supervisión y control de los transformadores de inyección:
 - Telemedición corriente de fase, tensión, corriente de tierra (3*TM)
 - Telecomando disyuntor (2*TC)
 - Telesñalización: disyuntor, auxiliar (2*TS)
- Supervisión y control de las salidas:
 - Telemedición corriente de fase (1*TM)
 - Telecomando disyuntor (2*TC)
 - Telesñalización: disyuntor, comando auxiliar (4*TS).
- Supervisión de servicios auxiliares CC, CA (1*TS).

En el marco del proyecto piloto, 6 subestaciones y 10 alimentadores primarios están equipados.

2.5 Descripción de la base de datos DMS.

El sistema DMS está constituido de una base de datos específicos y de funciones de aplicación. Dos fuentes de información alimentan la base de datos DMS.

La primera fuente es el sistema SCADA que suministra, en tiempo-real, el estado y la carga de las salidas de cada subestación así como la situación de los seccionadores de la red de baja tensión (BT). En el proyecto Quito, el estado de estos últimos es introducido manualmente por el operador SCADA a partir de informaciones telefónicas o de radio provenientes de la explotación. La segunda fuente de información proviene de los registradores portátiles.

Los Registradores Portátiles.

Generalmente el costo de las RTUs y de las telecomunicaciones ha limitado la instalación de la adquisición en línea de las informaciones en los transformadores de distribución. Siguiendo la tendencia actual, se ha complementado la información disponible en línea, con aquella proveniente de los registradores portátiles de las curvas de carga, colocados en la red de datos. Estos aparatos de registro con memoria estática, programables y autónomos son recientes. Ellos posibilitan la puesta en marcha de campañas de medición ya sea del consumo en corriente de las secciones de la red o de sus cargas puntuales importantes.

Estructura del Sistema DMS.

La organización general del software DMS consiste de una serie de módulos implementados en el ordenador SCADA y en el ordenador DMS.

En el ordenador SCADA el software que corresponde propiamente al sistema DMS es mínimo. Este comprende un primer módulo de interface, capaz de recibir la lista de puntos DMS para los cuales las informaciones son requeridas al SCADA (salida del cable y de los seccionadores) y de retornar

los valores disponibles en la base de datos tiempo real. Un segundo módulo de interfase acepta las informaciones DMS que conciernen a la red de media tensión fin de graficarlos mediante el software SCADA (corriente de las secciones obtenidas por los registradores portátiles).

El ordenador DMS recibe, por una parte la base de datos DMS, dividida en dos módulos: la base de datos "carga" y la base de datos "sistema" y por otra, las funciones de aplicación siguientes:

- software de interfase DMS/SCADA;
- software para la gestión de la base de datos (SEDBMS);
- software para la adquisición de la información proveniente del registrador portátil;

Funciones de aplicación relacionadas con las salidas:

- análisis y síntesis de las curvas de carga,
- previsión y carga de referencia,
- cálculo del costo de la energía distribuida,
- cálculo de la energía no suministrada (función prevista).
- Funciones de aplicación relativas a las secciones de la red de media tensión y a la red de distribución.
- Desplazamiento en las secciones (corriente).
- Análisis de la red de distribución (tensiones, pérdidas activas y reactivas, valores marginales de las pérdidas en los nodos).

SEDIS/DMS utiliza los programas SCADA y programas propios para la presentación de las informaciones y resultados producidos por el sistema.

A fin de facilitar al operador SCADA la utilización, los programas SCADA son utilizados para presentar la disposición de la red de distribución y sobre ésta, los principales resultados

calculados por DMS.

Base de Datos DMS.

La base de datos del sistema DMS es generada y administrada por un software específico (SEDBMS). Este programa cumple el conjunto de funciones de mantenimiento y de acceso, necesarios para los programas de interfase y de aplicación.

El sistema DMS comprende dos bases de datos. La primera (LDB) almacena las series de las cargas, la segunda (SDB), las características relacionadas con la red de media tensión.

En la base de datos LDB se encuentran, bajo la forma de resultados semanales los siguientes:

- corriente de salida (fuente, SCADA);
- corriente medida en las secciones de la red de distribución (fuente, registradores portátiles);
- corriente de referencia, salida del conductor (fuente, programa de previsión);
- corriente (agregados) correspondiente a la combinación lineal de los puntos medidos (fuente, programa de análisis y de síntesis).

En la base SDB se tiene:

- los puntos de la red de distribución que serán visualizados por medio de los programas SCADA;
- datos relacionados a las secciones de la red (identificación de las series de corriente obtenidas por los registradores portátiles, seccionamiento, tipo de la carga, factor de potencia, resistencia y reactancia).
- El estado actual (normal o anormal) e histórico de los seccionamientos en la red de media tensión);

los datos que definen los agregados.

Funciones de aplicación DMS.

Las funciones de aplicación DMS se clasifican en dos tipos: aquellas relativas a la vigilancia y control de las salidas del conductor y aquellas que se relacionan con el análisis de la red de distribución. El primer tipo de funciones se basa únicamente en la información suministrada por el SCADA. Estas representan la primera etapa lógica en la instalación de un sistema DMS.

Cuatro son las funciones que forman parte del sistema implementado en Quito. Estas funciones son descritas brevemente a continuación:

Funciones relacionadas con las mediciones en las salidas del Primario:

1. Análisis y visualización de las curvas de carga.
2. Previsiones y curvas de carga de referencia.
3. Costo de la Energía distribuida.
4. Energía no suministrada.

Funciones relacionadas con la red de distribución.

La información sobre las cargas de las secciones de la red de distribución obtenida a partir de las campañas de medición efectuadas por los registradores portátiles permite la realización de un segundo tipo de funciones relacionadas con los conductores de la red de distribución.

1. Estimación de los flujos en la red de distribución.
2. Análisis de la red de distribución.

2.6. Integración de los Sistemas SCADA y DMS.

Los sistemas SCADA y DMS se integran entre sí a través de una red de comunicación digital LAN

la misma que permite hacer una transferencia de información de tal manera de poder planificar en el DMS con los datos en tiempo real obtenido por el SCADA y evidentemente hacer previsiones futuras que permitan al SCADA obtener todos los datos calculados por la base de datos y los utilitarios del DMS.

2.7 Descripción del Proyecto de Flujo de Carga.

Esta función utiliza, bajo su forma más simple, las informaciones sobre las corrientes obtenidas por los registradores. A pedido del operador, para una hora o un día dados (pasado, actual y futuro) el programa proporciona la medida de las informaciones sobre los flujos normales registrados por los registradores portátiles, en los momentos correspondientes a las campañas de medición. Las informaciones son obtenidas en la pantalla SCADA, cuyos programas son utilizados para visualizar la red de medio tiempo.

2.8 Presentación de resultados.

En las láminas siguientes se puede ver cómo se obtienen los resultados del sistema digital.

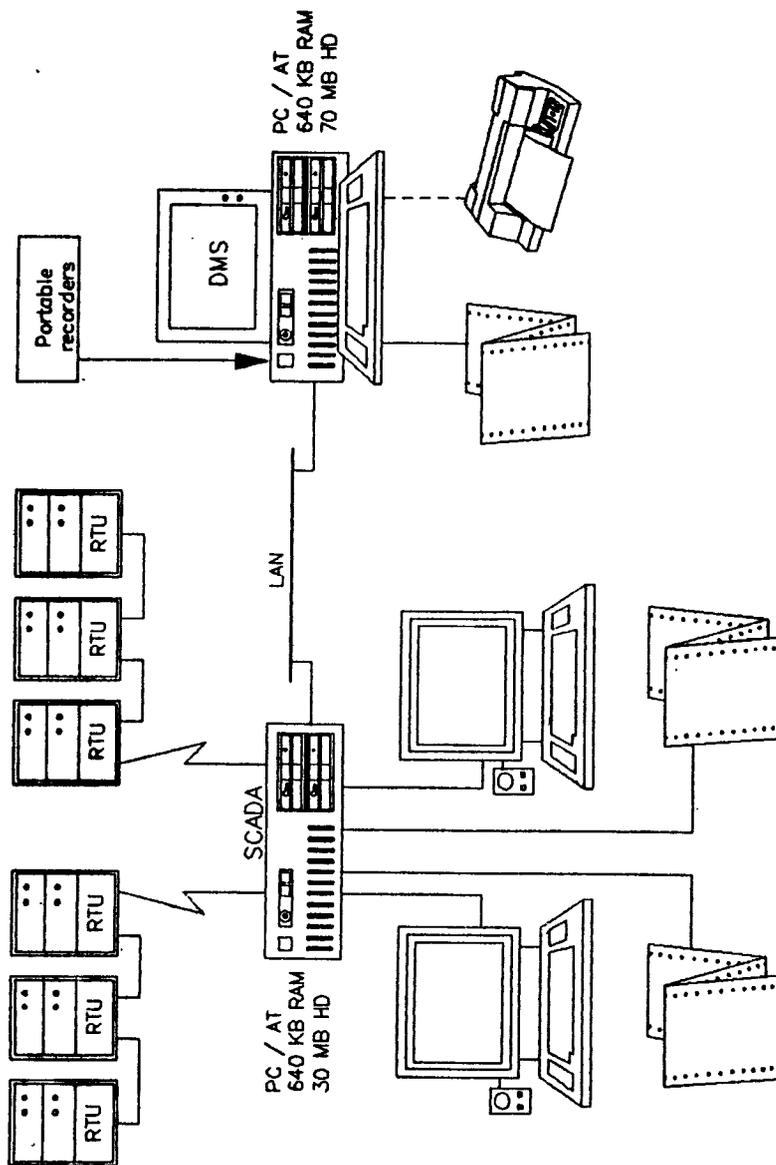
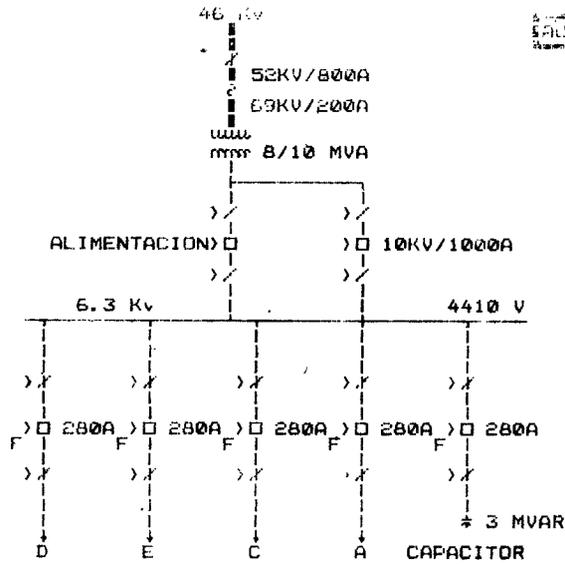


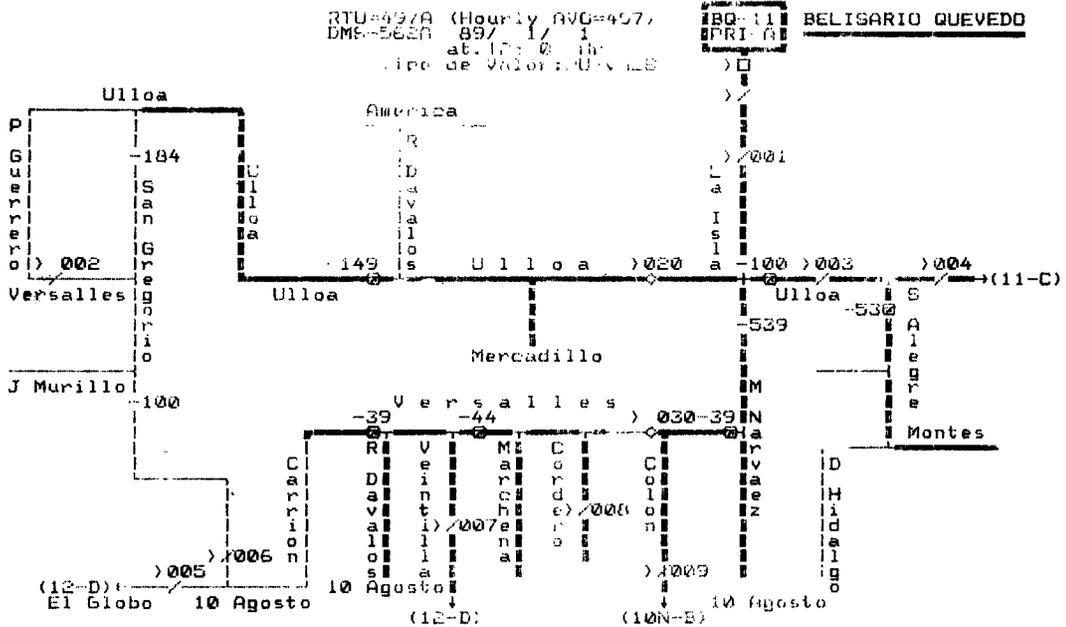
Figure 2-1 : General hardware configuration

MI-09
MIRAFLORES



1) P09A (PRIM-1)
 2) R09 (RTU S/E)
 3) R09A (RTU-A)
 SEL PGDN PGUP DISP INDX CRIT NCRI LAST MSTR P.ACK ABNORM
 06-28 '90 09:07:10 FC) ***** BG) [] EDIT)

A2



1) P11 (S/E)
 2) R11 (RTU S/E)
 3) R11 (RTU-A)
 SEL PGDN PGUP DISP INDX CRIT NCRI LAST MSTR P.ACK ABNORM
 06-28 '90 10:07:06 FC) ***** BG) [] EDIT)

