

SISTEMA BASICO DE ADQUISICION Y MANEJO DE LA INFORMACION PARA LA OPERACION DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

Ing. José Medina Romo
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un sistema computacional con el cual se realice la adquisición y manejo de la información, que se requiere para la operación del Sistema Eléctrico Ecuatoriano (SEE).

El alcance de este trabajo está definido en las siguientes opciones: Adquisición validada de la información, presentación de la información en despliegues, generación de reportes característicos, enlace al programa de pre-despacho diario de generación de las unidades de INECEL y enlace a un flujo de potencia.

ABSTRACT

A computational system has been developed to perform the information acquisition and handling required for Ecuadorian Electric System (SEE) operation.

This task has been defined to perform: validated acquisition of information, information presentation on displays, report generation, linking to the daily pre-dispatch and linking to a power flow.

1. INTRODUCCION

El objetivo básico en la operación de un sistema eléctrico de potencia, es satisfacer el servicio al consumidor de forma eficiente y en todo instante. Para el efecto, se debe tomar una serie de acciones de control sobre dicho sistema y así cumplir dentro de las mejores condiciones de seguridad, calidad y economía.

El sistema de potencia es operado bajo dos grupos de restricciones, expresadas a su vez por dos conjuntos de ecuaciones algebraicas. El un conjunto denominado de restricciones de igualdad, representa el balance de la potencia de generación con la carga; y el otro conjunto, denominado de restricciones de desigualdad, constituye los límites operativos de los diferentes componentes del sistema eléctrico.

Dependiendo del cumplimiento de las restricciones operativas referidas, se identifica cuatro estados operativos en el sistema de potencia: normal, alerta, emergente y restaurativo.

El sistema de potencia para una condición de demanda o carga, tiene una zona de posibles estados normales de operación, dependiendo de los valores asignados a las variables de control (potencias, voltajes, taps, etc.). Cada uno de los puntos componentes de

esta zona tiene un nivel de seguridad, calidad y economía. La clave consiste, entonces, en encontrar aquel punto óptimo a fin de minimizar las desviaciones desde el estado normal hacia los otros estados.

2. OPERACION DEL SISTEMA ELECTRICO ECUATORIANO

El servicio eléctrico ecuatoriano ha evolucionado en los últimos 15 años, de tal manera de pasar desde las pequeñas empresas municipales, que operaban de forma aislada, hasta el momento actual en que por su potencia servida y por la magnitud de sus instalaciones tiene un nivel similar a varios países dentro de Latinoamérica.

La Dirección de Operación del Sistema Nacional Interconectado (DOSNI), es la entidad responsable de la operación de la generación y de la red de transmisión de INECEL, hasta los puntos de interconexión con las empresas eléctricas interconectadas.

Para la ejecución de la supervisión y control del SNI, existe una estructura jerárquica de dos niveles: El Centro de Operación del Sistema o Despacho de Carga; y, los operadores de las centrales, subestaciones del SNI y de los centros de despacho de las empresas eléctricas. Un tercer nivel de control puede considerarse a los mecanismos automáticos de regulación y protección.

El Centro de Operación del Sistema o Despacho de Carga, es el organismo de ejecutar todas las decisiones de control necesarias, para que el SNI opere en forma normal.

Sus responsabilidades son:

- Supervisar y controlar permanentemente la operación del Sistema Nacional Interconectado.
- Toda decisión que cambie la configuración topológica del Sistema o los valores de potencias de generación y voltajes en las barras.
- Toda las decisiones requeridas para el restablecimiento de partes o de todo el sistema, que por efecto de contingencias hayan salido de servicio, y
- La coordinación de todas las acciones necesarias para desenergizar (liberar) un equipo, con el objeto de efectuar labores de mantenimiento.

En la actualidad la adquisición de la información del sistema, para el propio control y en todos los

estados operativos, se lo hace a través del propio sistema de comunicaciones que tiene INECEL, denominado PLC (Power Line Carrier) y se lo registra anualmente en formularios preestablecidos.

Este sistema de tipo telefónico, permite al Operador del SNI comunicarse con todos los operadores de las Centrales y Subestaciones, para conocer el estado del sistema y emitir acciones de supervisión y control sobre el mismo, si es del caso.

3. FORMULACION Y DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

La operación del Sistema Eléctrico Ecuatoriano (SEE) genera un volumen de información considerable, creando la necesidad de tener mecanismos adecuados para almacenarla y ordenarla apropiadamente. Además, esta información, inmediatamente sirve como ayuda y soporte del Operador del Sistema Eléctrico, en sus labores de Supervisión y Control del Sistema.

Antes de definir la estructura y el alcance del sistema computacional a desarrollarse, fue necesario establecer el ámbito de funcionamiento, ya que de esto depende su modelación. Por lo tanto, es necesario el planteamiento de ciertas consideraciones iniciales:

- Al tratarse de la operación del SNI, este sistema computacional deberá trabajar de manera permanente, las 24 horas del día y los 365 días al año. Por lo tanto, deberá ser de fácil utilización, para que el Operador no sienta a la larga ni rechazo ni cansancio al usarlo.

- El diseño del sistema debe permitir la ampliación o expansión de información adicional y de nuevas instalaciones, a fin de representar los cambios que se producen en el Sistema Eléctrico.

- La información a adquirirse a más de permitir la administración de la operación del sistema eléctrico, también sirve para realizar el análisis post-operacional, en otras áreas de la Dirección de Operación del SNI (DOSNI). En este sentido, este sistema computacional debe tener la capacidad de emitir reportes impresos o a nivel de archivos de uso general.

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

Esta paquete computacional, que se lo ha denominado como Sistema Básico de Adquisición y Manejo de la Información para el SNI, en base a lo expresado anteriormente, está constituido de tareas tales como:

2.1 Adquisición de la información.- La información a adquirirse es de tres tipos:

- Información de datos de medida
- Información de datos de estado
- Información de texto

La información de estado y texto libre, se recibe en el momento que ocurra, sin depender de horarios preestablecidos.

3.2.2 Consulta y mantenimiento de la información.- Se la realizará de manera rápida mediante el uso de menús interactivos, donde la estructura de la base de datos es transparente para el usuario.

El mantenimiento se lo puede dividir de acuerdo al tiempo. El personal responsable de la adquisición puede hacerlo con la información del día presente y el personal supervisor de la operación de la información histórica (días pasados).

3.2.3 Maniobras.- Como se conoce, para la protección de los elementos que componen un sistema eléctrico, como líneas de transmisión, transformadores, generadores, etc. se tienen los elementos de corte denominados como disyuntores y seccionadores, los cuales operan ya sea automáticamente en respuesta a una perturbación o en maniobras ordenadas por el Operador del Sistema.

3.2.4 Supervisión.- La supervisión se realiza básicamente a través de despliegues, de los siguientes tipos:

- Despliegues unifilares (formato eléctrico)
- Despliegues tabulares
- Despliegues de eventos

En los despliegues unifilares, además de la información de estado de los elementos de corte, se presenta los datos de medida de una hora determinada, correspondientes a cada despliegue.

En los despliegues tabulares, se presenta los datos de la última hora o desde el inicio del día hasta la última toma de datos. Esta última posibilidad permite ver tendencias de variación de demandas, generaciones, voltajes, niveles de reservorios, etc..

En los despliegues de eventos se resume las acciones tomadas en la topología del sistema y el registro de posibles restricciones en el mismo.

3.2.5 Reportes.- Su finalidad es suministrar la información adquirida hacia las otras áreas de la Dirección de Operación, para su análisis respectivo, sobre el comportamiento del Sistema Eléctrico y así poder tomar los correctivos necesarios en su operación.

3.2.6 Aplicaciones.- Se establecen dos programas de aplicación, denominados de la siguiente manera:

- El pre-despacho diario de generación de las centrales de INECEL, y
- El flujo de carga.

El pre-despacho diario de generación, recoge en primer lugar los lineamientos de la programación a mediano plazo (mensual), con respecto a las cuotas de generación de las diferentes centrales de INECEL para reflejarlas hora a hora, tomando en cuenta las restricciones operativas de la red.

El flujo de carga, servirá básicamente para cuando el Operador vaya a realizar una maniobra, pueda simular las condiciones antes y después de dicha maniobra, con el fin de obtener mayores elementos de juicio antes de este requerimiento.

3.3 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Con el alcance dado a la información que se va a adquirir, se puede establecer la forma o mecanismo de almacenamiento de la misma y el sistema computacional que administrará esta información.

La información se genera en dos fuentes bien definidas: en las centrales y subestaciones de INECEL y en las Empresas interconectadas. De acuerdo a esta estructura operacional, la información a adquirirse se puede agrupar de la siguiente manera:

1. Entregas de potencia, activa y reactiva, a las empresas interconectadas.
2. Voltajes de barra en las centrales y subestaciones de INECEL.
3. Generación de potencia, activa y reactiva, de las centrales de INECEL y de las Empresas.
4. Control de flujos de potencia, activa y reactiva, por ciertos elementos especiales en el sistema de INECEL.
5. Control de los embalses de las centrales hidroeléctricas de INECEL.
6. Entregas de energía activa a las Empresas interconectadas.
7. Producción de energía activa, en las centrales de INECEL.
8. Control de reactores y capacitores conectados en INECEL.

Una vez que la información a adquirirse se encuentra clasificada en ocho grupos, la base de datos es conformada por un conjunto de igual número de tablas, sobre las cuales el personal de Despacho realiza todas

las tareas respectivas. Estas tablas son de multiacceso ya que los datos son ingresados por los dos Operadores (Despachador y Ayudante).

Las tablas de datos son diarias, las cuales debidamente validadas entran a formar parte de un gran banco de datos. Esta alternativa permite mejorar la velocidad de acceso y se disminuye el riesgo de perder grandes volúmenes de datos.

4. DESARROLLO DEL SISTEMA

La organización que se presenta en este trabajo, representa una forma particular de interpretar los requerimientos. Todo el conjunto de programas desarrollados se los ha organizado en tres grandes subsistemas, definidos de la siguiente manera:

- Subsistema formador,
- Subsistema de adquisición y manejo de la información; y,
- Subsistema de reportes impresos.

4.1 Subsistema Formador

El sistema eléctrico está compuesto de: subestaciones, centrales, embalses, elementos controlados, empresas interconectadas, etc.. La operación del sistema eléctrico a su vez necesita de una jerarquía operativa y de una organización para su control.

Para lograr estos objetivos el subsistema formador se lo ha dividido en las siguientes tareas:

- Formador de claves,
- Formador de despliegues,
- Formador de maniobras,
- Formador de reportes; e,
- Inicialización/rearranque del sistema.

4.2 Subsistema adquisición y manejo de la información

Este subsistema es el área permanente de trabajo, una vez inicializado. Se realizan las tareas de adquisición, validación, corrección y mantenimiento de la información que se almacena en las bases de datos general y de supervisión, y la emisión de la información en pantalla. Para cumplir con lo anterior se las siguientes tareas:

- Adquisición de la información,
- Consulta y mantenimiento de la información,
- Supervisión,
- Maniobras,
- Reportes en pantalla; y,
- Aplicaciones.

4.3 Subsistema reportes impresos

Estos reportes son el medio para entregar la información a los otros departamentos de la Dirección de Operación. En vista que este sistema computacional es desarrollado en QBASIC, los reportes son archivos de uso general, tipo ASCII, para facilitar su explotación y procesamiento.

5. FUNCIONES DE APLICACION

5.1 PRE-DESPACHO DE GENERACION

Esta aplicación permitirá al Operador del Sistema, controlar hora a hora, la generación de las centrales de INECEL, conforme a las restricciones establecidas por la programación de largo y mediano plazos y los mantenimientos programados en la red.

Podrá realizar modificaciones en la distribución de generación, en cualquier instante, debido a variaciones en las condiciones operativas del sistema, tales como: aumento o disminución de los caudales en las centrales hidráulicas de pasada, salida de operación de unidades de generación por emergencia, variaciones considerables en la demanda del sistema, etc..

El método que se utiliza es estadístico y el resultado es una combinación adecuada de las unidades de generación, con el fin de satisfacer, hora a hora, las entregas de potencia activa requeridas por cada una de las empresas interconectadas. En el plano matemático, tendríamos las siguientes ecuaciones:

$$\sum_{i=1}^{NS} G_i(h) = \sum_{j=1}^{NH} D_j(h) + \text{Pérdidas}(h) \quad h=1,24$$

$$\sum_{i=1}^{NS} G_i(h) = E_{pi} \quad i=1, NS$$

Donde: $G_i(h)$: Generación de la central i en la hora h en Mw.

$D_j(h)$: Demanda de la empresa j en la hora h en Mw.

E_{pi} : Energía programada para el reservorio asociado a la central i o energía afluente a la central de pasada i .

NS: Número de centrales de generación

NH: Número de centrales hidráulicas

Las pérdidas se determinan estadísticamente para cada uno de los días de la semana, de manera horaria. Los volúmenes de energía a tomarse de los reservorios, se establecen en base de la programación de mediano plazo (se recibe un reporte mensual).

Los volúmenes de energía de las centrales de pasada se estima similar al día anterior, debiéndose modificar el pre-despacho inicial en caso exista variación en los caudales, de tal manera de evitar en lo posible el vertimiento.

5.2 FLUJO DE CARGA

El objetivo de un flujo de carga se lo conoce plenamente, por lo que al enlazar a este sistema una aplicación de este tipo, lo que se quiere dar al operador es una ayuda nueva, que permita avanzar en la calidad de la operación.

En este caso el flujo de carga permitirá al Operador, evaluar las consecuencias que sobre el sistema eléctrico puede producir la realización de una acción de control como: la conexión o desconexión de carga, líneas de transmisión, reactores y capacitores, la salida o entrada de unidades o centrales de generación, etc..

Como otra tarea adicional, el flujo de carga servirá también para evaluar las pérdidas que se presentan en el sistema, para varias alternativas de generación, lo que permitirá de cierta manera determinar una que sea más económica y segura.

Los resultados se presentan en pantalla, al Operador, mediante diagramas unilíneares o tacu sren, para una fácil y rápida evaluación de los valores calculados mediante el flujo de potencia.

El flujo de potencia lo ejecuta el Operador, mediante menús de forma totalmente interactiva, donde todos los procesos de corrección/modificación de los datos de entrada y los posteriores de cálculo, son transparentes. El método utilizado para el flujo de potencia, es el de Newton-Raphson completo.

6. PRUEBAS DEL SISTEMA

6.1 ADQUISICION DE DATOS

La característica del sistema desarrollado es que su manejo es a base de menús de opciones. De esta forma, se efectúa fácilmente la selección de la tarea a utilizarse. Una vez que se ingresa a la tarea deseada, el sistema procede a la recuperación de bases de datos de los archivos de configuración antes del ingreso o emisión de la información a través de la pantalla.

Para la adquisición de los datos de medida primeramente se presenta un menú de subestaciones, de donde se seleccionará aleatoriamente la que se desea ingresar la información. Una vez seleccionada la subestación, se ingresan los datos, que se corrigen de su corrección.

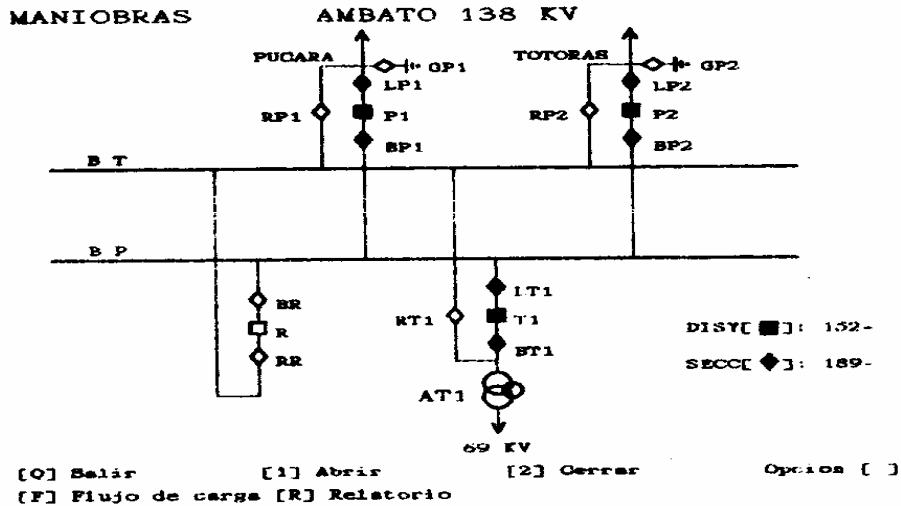
Cuando se está en la pantalla de ingreso de

subestaciones, existe la opción de ingreso de eventos o novedades para editarlos en pantalla si es del caso.

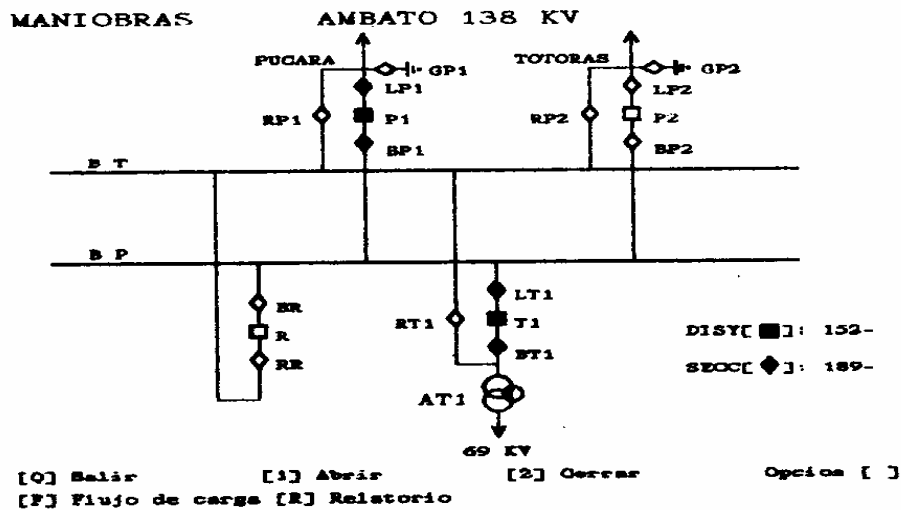
Para la corrección de los datos de medida se utiliza el mismo procedimiento de la adquisición, editando en pantalla los datos a ser modificados, de la subestación y de la hora especificados. Pueden existir varios datos faltantes y que el Operador desea saber cuáles son. Es posible solicitar dicha información, la cual es emitida en la modalidad de consulta.

Para la realización de maniobras existen menús por cada nivel de voltaje del SNI. Los voltajes existentes son 230, 138, 69, 46 y 34.5 KV. Cada nivel de voltaje o patio en una subestación está compuesto de varias posiciones, las cuales son las que contienen los elementos de corte (disyuntores y seccionadores).

Por ejemplo en el menú de 138 KV, se selecciona la subestación (S/E) Ambato y se realiza maniobras en la L/T Totoras, pantallas 6.1 y 6.2.



Pantalla 6.1 Despliegue de maniobras S/E Ambato



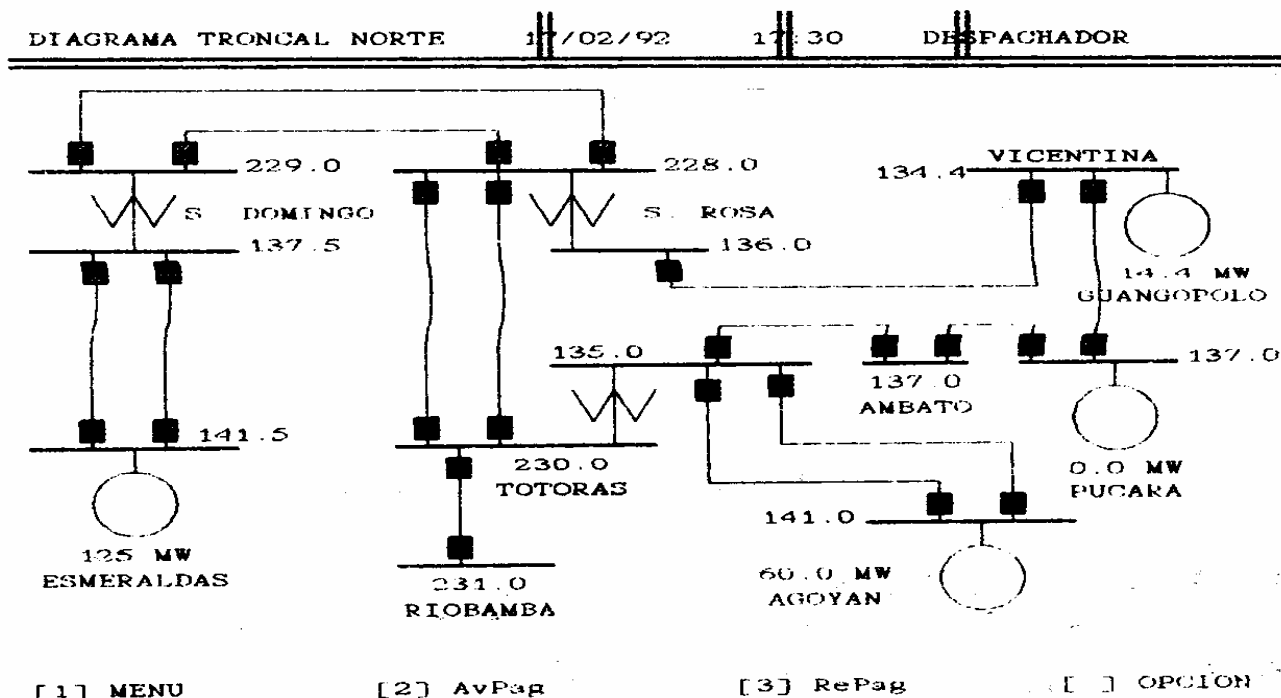
Pantalla 6.2 Cambio de estado

La tarea de consulta y mantenimiento de la base de datos, en su segunda opción, puede emitir información de los días pasados. En este caso, se debe seleccionar la tabla de la base de datos respectiva y luego, ingresar la fecha deseada.

2 DESPLIEGUES

Considerando en esta opción a los despliegues unifilares y tabulares y los reportes, son los medios que permiten al operador visualizar rápidamente el comportamiento del sistema y tener más criterios para emitir las disposiciones adecuadas.

En la pantalla 6.3 se presenta un despliegue unifilar zonal, con los últimos datos adquiridos.



Pantalla 6.3 Despliegue unifilar zonal de supervisión

6.3 FUNCIONES DE APLICACION

6.3.1 Pre-despacho

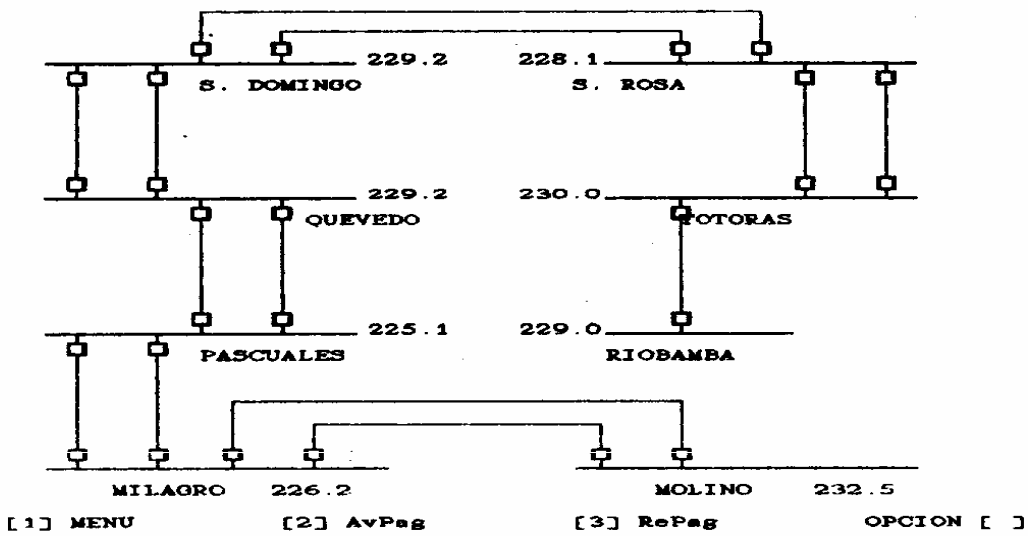
Para efectuar el pre-despacho primero se recupera los datos de la base, de la fecha que se desea. Acto seguido se puede realizar una depuración o corrección de esta información a través de varias alternativas: reemplazo, suma, multiplicación/división, etc..

6.3.2 Flujo de potencia

Usando el mismo criterio para el pre-despacho, primeramente se recupera los datos y las red del día y hora que se quiera simular el flujo. Posteriormente, se puede efectuar las modificaciones de la información y de la topología.

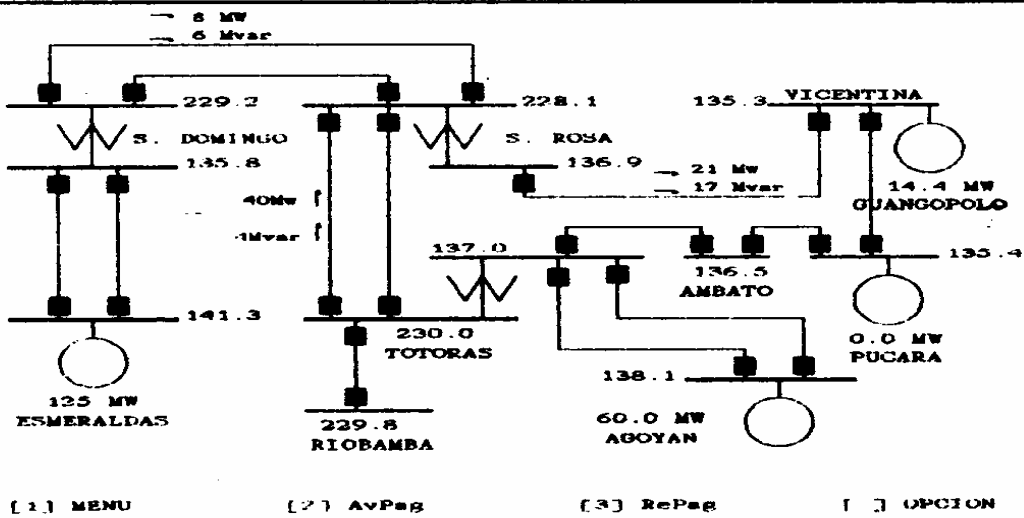
De esta manera, se establecerán las condiciones operativas iniciales para la entrada del flujo. Una vez efectuado el flujo se emite un mensaje alertando al Operador de que el flujo convergió o no. Los resultados se visualizan ya sea en despliegues unifilares o tabulares (pantallas 6.4 y 6.5).

FLUJO DE POTENCIA - 17/02/92 11:00 DIAGRAMA TRONCAL TOTAL 230 KV



Pantalla 6.4 Resultados del flujo en despliegue unifilar de la red troncal de 230 KV

FLUJO DE POTENCIA - 17/02/92 11:00 DIAGRAMA TRONCAL TOTAL - 230 KV



Pantalla 6.5 Resultados del flujo en despliegue unifilar de la zona norte

7. CONCLUSIONES

- A) La implementación de este sistema computacional, ha permitido la adquisición de información del Sistema Nacional Interconectado, de manera ordenada y sistemática, para así disponer rápidamente de los datos sobre el comportamiento del Sistema Eléctrico y tomar oportunamente las acciones de control correspondientes.
- B) Posibilita la adquisición de un mayor volumen de información y en menor tiempo, situación que se hubiese convertido muy difícil con el sistema manual de adquisición anterior, donde el Operador prácticamente dedicaba todo su tiempo a recibir la información y no a analizarla.
- C) El sistema le proporciona al Operador de herramientas más modernas y adecuadas. Las opciones de ayuda para emisión de la información y las dos aplicaciones enlazadas, surtirán un efecto positivo en la seguridad y economía de la operación.

REFERENCIAS

- 1. Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia. Gabriel Argüello Ríos, Ing.. Instituto Ecuatoriano de Electrificación, Marzo 1991.

- 2. Real Time Computer Control of Power Systems. Tomas Dy Liacco. Proceedings of IEEE, vol 62, July 1974.
- 3. Informe de resultados de operación del Sistema Eléctrico de INECEL, período: Enero-Diciembre de 1990, Febrero/1991.
- 4. Manual de estabilidad, Detroit Edison Co.
- 5. Programa fuente de flujo de potencia, EEI PROJECT RP90-3 IBM, 1978.
- 6. Procedimientos operativos para operación normal, José Medina R., Bosni, Instituto Ecuatoriano de Electrificación, 1991.

BIOGRAFIA

José Medina R., se graduó de Ingeniero Eléctrico, en la Escuela Politécnica Nacional. Desde su egresamiento (1978), ha laborado en el área de Despacho de Carga de la Dirección de Operación del Sistema Nacional Interconectado de INECEL.

Actualmente, colabora con el Proyecto Sistema de Supervisión y Control (SSC) de INECEL, como delegado del Área de Operación, para participar en el desarrollo e instalación de dicho proyecto, en el país y en la sede del fabricante, Suecia.