

MIDDLEWARE DE INTERFAZ ENTRE EL SISTEMA DE TIEMPO REAL Y EL SISTEMA DE INFORMACION DE GESTION DEL CENACE

Ing. Santiago Grijalva S.
Centro Nacional de Control de Energía
y Escuela Politécnica del Ejército

Abstract

The interconnection between the real time SCADA/EMS control system and the off-line management information system will give great benefits to CENACE, by linking the point operation with operation planning and assessment processes.

This document describes the technologies applied within the interface middleware, concerning hardware, operating systems, databases and applications, and relevant systems integration criteria used in the implementation.

Resumen

La interconexión entre el sistema de control de tiempo real SCADA/EMS y el sistema de información de gestión fuera de línea, proporcionará grandes beneficios al CENACE, al integrar la operación puntual, con los procesos de planificación y evaluación operativa.

En el documento se describen las tecnologías utilizadas en el middleware de Interfaz en cuanto a hardware, sistemas operativos, bases de datos y aplicaciones, y los criterios relevantes de integración de sistemas necesarios para la implantación.

1. Introducción

El Centro Nacional de Control de Energía, CENACE, es el encargado de la operación en tiempo real, de la planificación de la operación y del registro de las transacciones energéticas del Sistema Nacional Interconectado, SNI. El CENACE ejecuta la operación en tiempo real (operación en línea) a través del Sistema de Supervisión y Control, SSC.

El SSC es un sistema de tiempo real redundante. Está compuesto por un sistema de adquisición de datos y control supervisorio, SCADA, y un sistema de manejo de energía, EMS, mediante los cuales se supervisa y controla en forma remota la red de transmisión y las centrales de generación de INECEL. Actualmente, el SSC adquiere, actualiza y procesa en un esquema de 3 prioridades, 3000 parámetros de estado (indicaciones) y 500 mediciones analógicas y digitales adquiridas del proceso eléctrico (SEP), cada 14 segundos. El SSC inició su operación comercial en agosto de 1995 y es utilizado por 15 usuarios especializados.

El CENACE dispone también de redes de computadores integradas en el Sistema de Información de Gestión, SIG, cuya función es proveer los recursos de procesamiento de datos relativos a la planificación operativa, evaluación de la operación y comercialización. En este sistema se desarrollan los procesos administrativos y de gestión que permiten y apoyan la operación del sistema de potencia en tiempo real.

La fuente primaria de información operativa del Sector Eléctrico Ecuatoriano es el SSC. El SSC es utilizado por el Departamento de Supervisión y Control Operativo, responsable directo de la operación tiempo real; sin embargo, todas las áreas técnicas del CENACE y muchas áreas directivas y operativas del Sector Eléctrico precisan de la información generada en este sistema.

En cuanto el SSC no es un sistema abierto, la información del SSC se transfiere en forma manual a las redes de computadores (SIG), o vía telefónica a los directivos del CENACE y del Sector Eléctrico.

Debido a que la operación óptima del SNI, depende de la disponibilidad de información operativa en todos los ambientes técnicos que influyen en los procesos operativos, la integración del SSC y del SIG a través de un *middleware de interfaz*, representa grandes beneficios operativos y económicos en lo referente a la generación, migración, difusión y procesamiento de información del SSC en los sistemas fuera de línea.

La *Interfaz* es un sistema computacional que accesa a la base de datos de tiempo real a través de interfaces de programación de aplicaciones (APIs), para extraer información mediante la modelación de sus estructuras de datos.

La implantación y configuración de la Interfaz es un proceso complejo, que involucra la configuración, organización de datos y programación de las transferencias de información, considerando las diferencias tecnológicas de los sistemas enlazados, la criticidad de la información manipulada, y los riesgos de intervenir en el hardware y software del sistema de tiempo real que controla en forma ininterrumpida el sistema eléctrico del país.

2. Beneficios de la Integración

La integración del SSC y del SIG a través de la correcta implantación y programación del middleware de interfaz generará beneficios directos, al resolver los siguientes problemas:

- a) Debido a los requerimientos de las áreas fuera de línea y debido a que el SSC está aislado, los operadores del SNI deben copiar los datos de las estaciones de trabajo a computadores personales cada hora, utilizando tiempo adicional de supervisión en esta tarea. Los datos transferidos representan menos del 10% del volumen de datos residente en el SSC.
Con la implantación de la Interfaz, la transferencia será automática y en el SIG se podrá disponer no únicamente de datos horarios, sino de datos completos promediados en cualquier intervalo de tiempo desde 10 segundos hasta 1 año.
- b) Los datos copiados por los operadores no son suficientes para estudios y simulaciones completas fuera de línea (por ejemplo, flujos de potencia).
Usando la Interfaz, los datos de cualquier condición del SNI pueden ser congelados en una base de datos de simulación del SSC y transferidos al SIG para análisis en programas de ingeniería.
- c) Debido a la limitación del almacenamiento, el registro histórico del SSC se pierde luego de un tiempo determinado. La Interfaz permitirá descargar los datos a medios de almacenamiento estándar masivo: servidores, cintas y discos de respaldo.
- d) El SSC adquiere también mediciones de energía, las cuales no pueden ser transferidas a los sistemas de facturación. Debido a que los datos se recopilan en los puntos de entrega de energía (S/Es en todo el país), el proceso de facturación demora cerca de 10 días, con costos financieros considerables. La implantación de la Interfaz permitirá disponer en el SIG de la información de energía entregada a las empresas cada 15 minutos. La información será enviada automáticamente a los computadores que ejecutan procesos de facturación; esto representará reducciones en el tiempo de emisión de las facturas a empresas eléctricas y generadores privados, con el consecuente ahorro financiero.
- e) Los datos de la programación de la generación de las unidades hidráulicas y térmicas deben en la actualidad, copiarse en forma manual del SIG al SSC. La Interfaz permitirá incluir en forma automática los datos de programación operativa en los registros respectivos.
- f) La implantación de la Interfaz permitirá transferir los registros de autosupervisión del SSC necesarios para análisis por parte de los grupos de mantenimiento y desarrollo.

- g) Los directivos del CENACE y del Sector Eléctrico tienen acceso únicamente a información horaria del SNI; la mayoría de las veces, esta información es insuficiente, debido a la dinámica del sistema eléctrico. La Interfaz permitirá transferencias cíclicas, por ejemplo cada 10 minutos, con fines directivos.

Por otra parte, es indispensable considerar que la implantación de la Interfaz conlleva dificultades tecnológicas y riesgos en la implantación, debido a las siguientes consideraciones relacionadas con la integración de los dos sistemas:

- a) La tecnología utilizada en el SSC, su configuración redundante, las características de las bases de datos tipo red utilizadas y la criticidad del proceso controlado, requieren configurar en forma precisa los seteos a nivel de estructuras de datos de tiempo real y APIs, que permitan establecer procesos de acceso a los datos contenidos en este sistema.
- b) La implantación de la Interfaz, la misma que consiste en un servidor para el API y estaciones de trabajo con los procesos cliente, debe ser cuidadosamente programada, de tal forma que no afecte la funcionalidad del SSC y del SIG. La misma consideración es aplicable a las pruebas de la Interfaz (funcional, mantenimiento, integridad y desempeño), en las cuales se pone a prueba la respuesta del SSC ante la acción de la Interfaz. Errores en esta fase pueden provocar consecuencias graves en el SSC y en la operación del Sistema Eléctrico.
- c) Los múltiples requerimientos de datos del SSC a nivel operativo y directivo hacen necesario planificar y especificar la organización del flujo de datos a través de la Interfaz: accesos cíclicos a la base de datos de tiempo real, grupos de usuarios, dominios, módulos de datos, etc., para poder establecer accesos seguros y disponer de información confiable y oportuna.

3. Descripción del Sistema de Tiempo Real

3.1 Configuración

Para motivos del presente estudio, el sistema de tiempo real será un conjunto de dos computadores principales unidos por una red LAN dual. Cada computador contiene una base de datos de tiempo real, la cual se sincroniza con la del otro computador de manera cíclica. El sistema de tiempo real es un sistema autosupervisado; en este sistema se modela tanto el proceso a ser controlado, como los dispositivos del propio sistema de control redundante.

El sistema central del SSC descrito en subsistemas de computadores se describe en la Fig. 1.

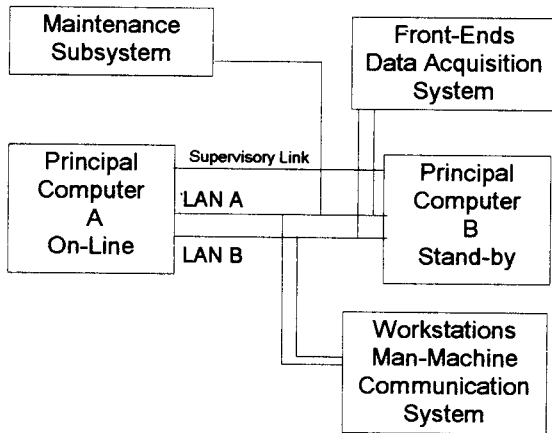


Fig. 1: Sistema Central del SSC

El cerebro del SSC son los computadores principales, en los cuales se realiza el procesamiento de datos, corren las funciones de aplicación EMS, y se almacenan los datos operativos del sistema en la base de datos de tiempo real (RDB), histórica (TTD) y de estudio (SDB).

El ámbito de datos y procesos del SSC en cada computador es como se indica en la Figura 2.

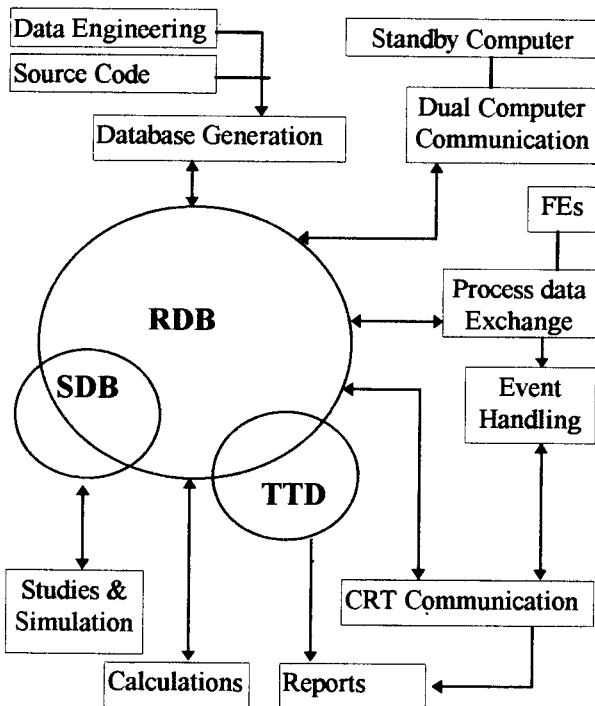


Fig. 2: Datos y Procesos del SSC

3.2 Características de Conectividad

A fin de describir la conexión entre el SSC y el SIG, se describen a continuación las tecnologías utilizadas en el sistema de tiempo real. Es importante anotar las especificaciones de conectividad del sistema que permitirán la interoperatividad en los diferentes niveles, en base a estándares, protocolos y productos:

- a) Nivel de Hardware: Estaciones DEC, red de área local IEEE 802.3 Ethernet dual tipo coaxial, computadores con dos tarjetas de red y enlaces de supervisión, arquitectura RISC.
- b) Nivel de Sistema Operativo: Sistema VAX/VMS 5.5, memoria virtual de alto desempeño para tiempo real, protocolos TCP/IP, LAT, X.25, DECnet.
- c) Nivel de Base de Datos: Base de datos de tiempo real Avanti con posibilidad en configuración dual o triple computador, modelo tipo red, utilización de punteros y referencias internas. Subbases de datos histórica (multi-dimensional) y de simulación (replicación). Lenguajes de consulta (AQL) y de definición (ADF) de base de datos Avanti.
- d) Aplicaciones: Aplicaciones del sistema SCADA, comunicación hombre/máquina, aplicaciones de control de la producción, supervisión de red, pronóstico de carga y análisis de seguridad.

El sistema de tiempo real es un sistema modular, pero no fue diseñado en su totalidad con tecnologías estructuradas de sistemas abiertos.

4. Descripción del Sistema Fuera de Línea

4.1 Configuración y Funcionalidad

El sistema fuera de línea se halla constituido por una serie de redes de computadores personales, integrados a través de servidores en el denominado Sistema de Información de Gestión, SIG. En la Figura 3 se muestra el esquema de bloques del SIG.

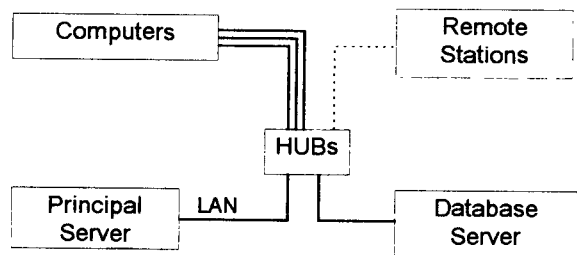


Fig. 3: Esquema de Bloques del SIG

El SIG es un sistema de información estándar, con aplicaciones de oficina y programas de ingeniería para análisis fuera de línea.

La función del SIG es proveer recursos computacionales para el procesamiento de datos fuera de línea, en el marco de los procesos de apoyo a la operación en tiempo real: estudios eléctricos, planeamiento operativo, estudios hidrológicos, contratos, estudios económicos, mantenimiento, desarrollo y procesos administrativos y gerenciales. Adicionalmente el SIG provee servicios de datos a usuarios remotos del sistema a nivel directivo.

4.2 Características de Conectividad

A continuación se describen las principales características de las tecnologías del sistema de información de gestión:

- Nivel de Hardware: 30 computadores personales (100-133MHz, 16 MbRam, 1.2 Gb HD), 2 servidores de alto desempeño (200Mhz, 64MbRam, 4Gb HD en espejo).
- Nivel de Sistema Operativo: Windows NT, UNIX y Windows 95, protocolos TCP/IP, NetBEUI, IPX/SPX.
- Bases de Datos: Se utilizan bases de datos personalizadas y Oracle 7.0 en un servidor

- Aplicaciones: correo electrónico, servicios de impresión, internet, comunicación y archivo, aplicaciones de oficina estándar, programas administrativos y programas especializados de ingeniería eléctrica como: flujos de potencia, cortocircuitos, estabilidad, pronóstico de carga y planeamiento energético, programas de facturación, etc.

El flujo de información SSC-SIG determina los requerimientos de integración de los sistemas. En la Figura 4 se puede apreciar cómo fluyen y se utilizan los datos operativos al interior del CENACE, y cómo en la actualidad se procesan estos datos en cada uno de los dos sistemas. Se ha resaltado la intervención que dentro del proceso de flujo de información, cumple la Interfaz, al permitir que el procesamiento de datos fuera de línea no dependa del proceso manual de transferencia de datos al SIG. En la Figura se indican con línea continua los flujos de datos que permite el SSC; con línea punteada se muestra el flujo de datos manual necesario para el procesamiento de datos fuera de línea, y se indica con una **I**, los flujos que se automatizan con el ingreso de la Interfaz.

Se observa claramente que la Interfaz facilitará enormemente el flujo de información crítica entre las diferentes áreas de decisión del CENACE y de niveles directivos.

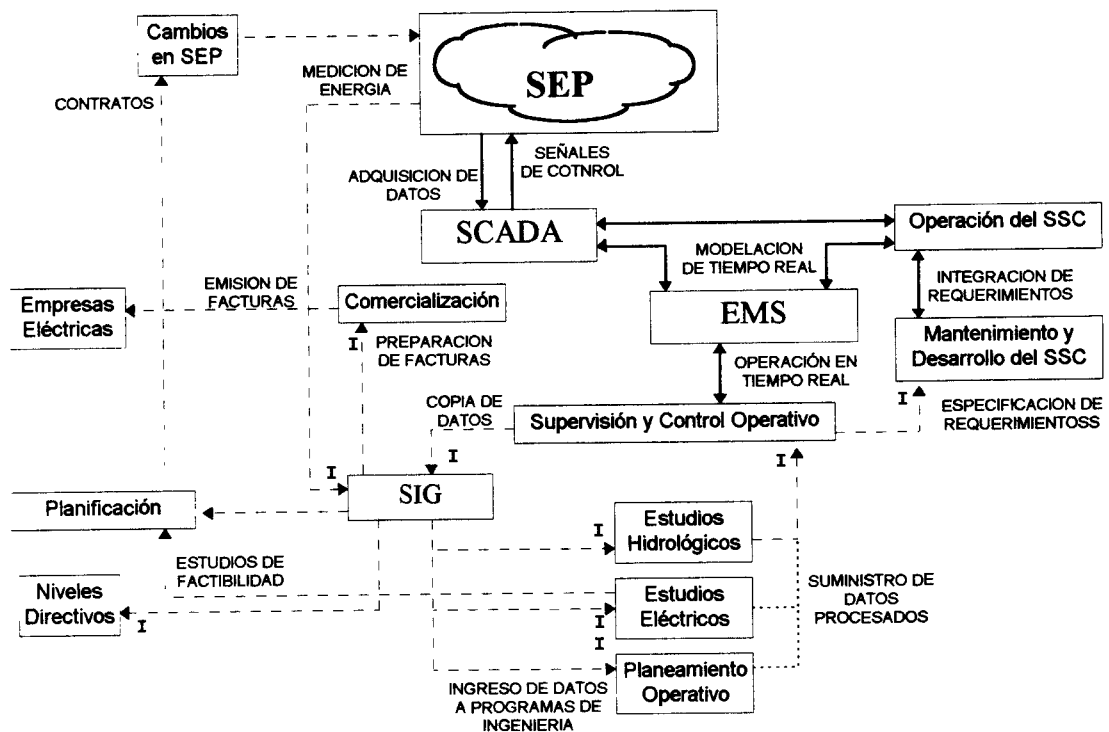


Fig. 4: Flujo de Datos entre SSC y SIG

5. Descripción de la Interfaz

La Interfaz es un subsistema computacional que permite la transferencia de datos desde el SSC al SIG. Su diseño está concebido dentro de los criterios de interoperabilidad de sistemas, haciendo uso de los protocolos, estándares y tecnologías de conectividad. En la Figura 5. Se muestra el diagrama de bloques de los sistemas de información del CENACE, integrados.

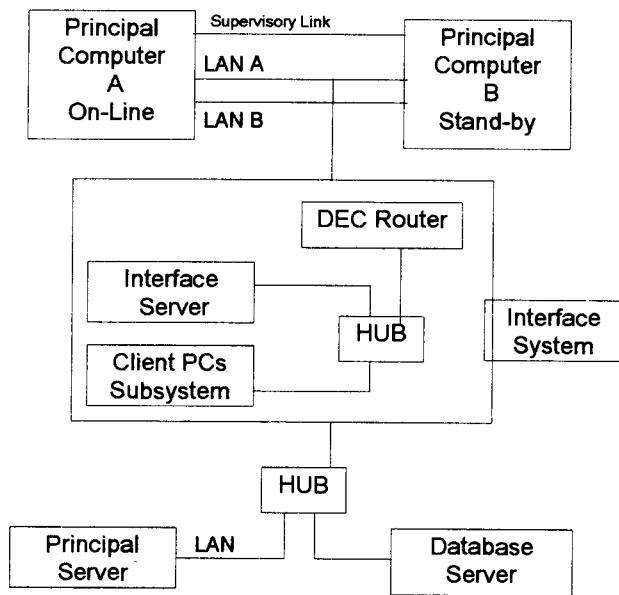


Fig. 5: Sistemas de Información Integrados

5.1 Características Básicas

La Interfaz se halla conformada por un servidor de archivos (interface server), que contiene las referencias del API para acceder a la base de datos de tiempo real, Avanti. Se dispone de dos computadores personales para el manejo de las aplicaciones cliente y el desarrollo de software de integración.

A continuación se describen los componentes del sistema en las diferentes capas:

- Hardware:** DEC Router, DEC hub, DEC Server Celebris, estaciones DEC Venturis, cableado 10baseT.
- Sistema Operativo:** Windows NT en el servidor y Windows 95 en los computadores personales.
- Base de Datos:** API Server en el servidor
- Aplicaciones:** Lotus Client en las estaciones de trabajo, S.P.I.D.E.R Spreadsheets en los clientes para el manejo de los datos transferidos. Entorno de desarrollo de software en C y C++ para aplicaciones de la Interfaz. Aplicaciones para el almacenamiento automático de datos en el File Server.

5.2 Funcionalidad

A nivel de sistema Operativo, la funcionalidad del Interfaz se halla circunscrita a las funciones básicas de conexión entre los sistemas operativos Windows NT y VAX/VMS, a través de TCP/IP y los utilitarios Telnet y FTP. Desde los terminales y el servidor de la Interfaz se puede invocar a estos utilitarios; de acuerdo a las autoridades definidas en VAX UAF, se brindan derechos de navegación y manipulación de archivos y directorios en el sistema de tiempo real y en la Interfaz. En el sistema NT, se configura un dominio de red, para la administración de los usuarios y la seguridad del sistema.

El uso de los utilitarios a nivel de sistema operativo, es de gran beneficio puesto que dentro del sistema de tiempo real, varios procesos manejan archivos a este nivel. En todos los casos es posible realizar transferencias cíclicas automatizadas de archivos de sistema o de datos a través de FTP. Este es el primer punto para la transferencia de datos de gran utilidad para el personal de mantenimiento y desarrollo del SSC y para aplicaciones directivas.

Cabe anotar que tanto en el entorno de VAX/VMS, como en el entorno de NT, se dispone de compiladores, depuradores y enlazadores y, más aún, de entornos de desarrollo de software que brindan grandes opciones de programación para manejo de datos.

A nivel de sistema operativo también son importantes las capacidades de administración del sistema en cuanto a manejo de recursos y cuotas para cada proceso. Por ejemplo, procesos de transferencia de archivos hacia la Interfaz se llevan a cabo dentro de cuotas estrictas de CPU y memoria para los procesos de comunicación de datos. Es necesario recalcar que los mismos procesadores involucrados en el procesamiento de transferencias del SSC a la Interfaz, sirven para los servicios de alta prioridad de control en tiempo real del proceso eléctrico. Esta consideración es relevante en cuanto a la decisión de mantener los procesos de transferencia en el computador principal en línea o en el de respaldo.

A nivel de base de datos, la funcionalidad se basa en la conexión y apertura de la base de datos Avanti. La conexión puede realizarse al servidor en línea o de respaldo del SSC, a la base de datos de tiempo real (RDB), a la base de datos histórica (TTD) o a la base de datos de estudio (SDB). Una vez que la Interfaz se engancha a su base de datos, el intercambio (switch-over) entre los computadores principales es transparente para la Interfaz; es decir, la Interfaz permanece asignada a su conjunto consistente de datos.

Una vez que se realiza la conexión, el sistema verifica la asignación de autoridades para el operador, de acuerdo a la configuración indicada en la base de datos Avanti. Esta verificación permite a un operador de la Interfaz tener acceso a diferentes objetos y subsistemas de las bases de datos. En ningún caso, el operador de la Interfaz puede alterar directamente objetos de RDB.

Durante el proceso de conexión, la Interfaz puede extraer la siguiente información:

- a) Cualquier parámetro de cualquier tabla de RDB con actualizaciones cíclicas (mínimo 30 segundos)
- b) Cualquier reporte (TTD) con actualización cíclica.
- c) Realizar consultas a la base de datos RDB, TTD en base al lenguaje Extended AQL.
- d) Listas de eventos
- e) Resultados de las aplicaciones EMS.

Todo el proceso de transferencia de datos se realiza en base a objetos de la Interfaz denominados Report Definition. Un *Report Definition* es un conjunto de objetos y estructuras de datos que definen el acceso a Avanti y actualizan diversos conjuntos de parámetros en la hoja electrónica o en el File Server.

Para el proceso cliente, existen tres modos de transferencia de datos:

- a) Directamente en la aplicación del cliente, en la cual el operador recibe los datos que se actualizan cíclicamente en la hoja electrónica.
- b) En el File Server, en el cual diferentes archivos en formato ASCII o Lotus se actualizan cíclicamente. Cualquier usuario del SIG, con aplicaciones estándar puede acceder a estos datos para procesarlos en programas de ingeniería.
- c) Mediante programas de transferencia directa a nivel de sistema operativo.

En la Figura 5 se indica los niveles de conectividad entre el SSC y el SIG.

NIVEL	SSC	Interfaz	SIG
Apl.	S.P.I.D.E.R.	PC Client	
DB	Avanti	Avanti API server	Oracle
S.O	VAX/VMS	WNT, W95	WNT, W95
HW	DEC servers DEC Stations DCoax/LAN	DEC server DEC PCs UTP LAN	Compaq server Compaq PCs UPT LAN

Fig. 5: Niveles de Conectividad

5.3 Datos Transferidos

La Interfaz permite transferir los datos de acuerdo a lo que se indica en la Figura 6.

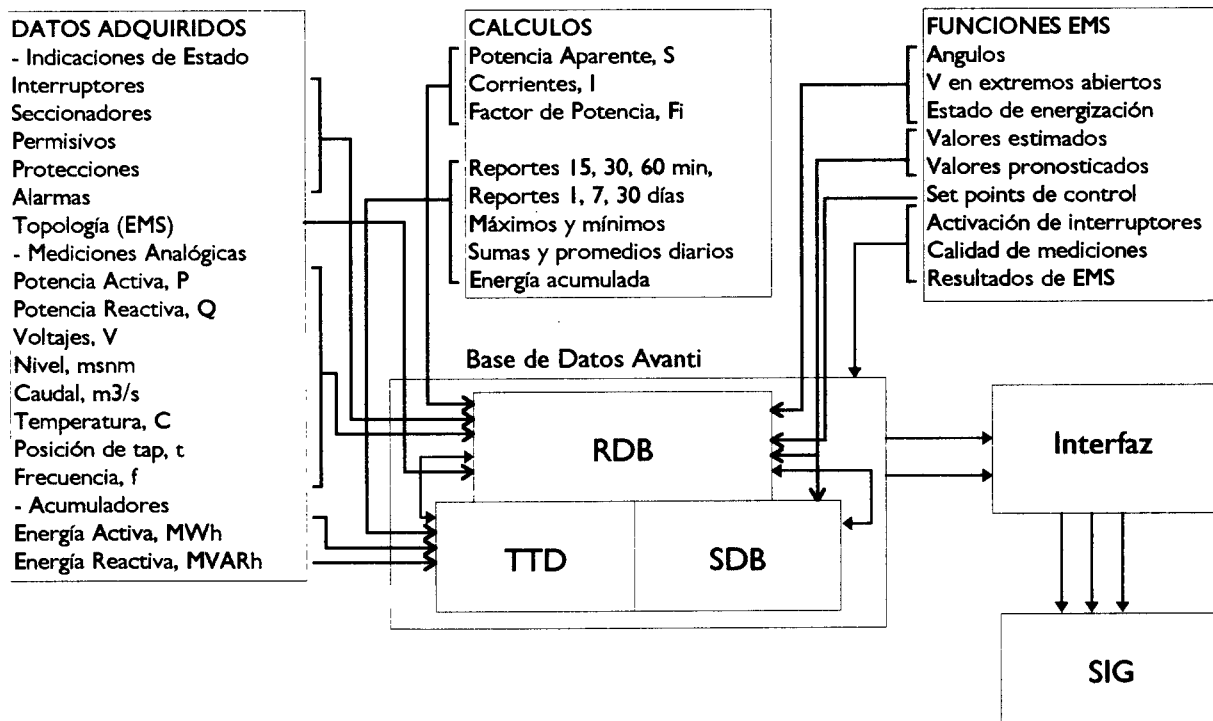


Fig. 6: Organización de Datos

La organización de los datos a ser transferidos se realiza tomando en cuenta simultáneamente tres condiciones:

- a) El requerimiento de información en el SIG
- b) La existencia de datos en el SSC
- c) La funcionalidad de la Interfaz

Estas tres condiciones se integran en base a procedimientos estándar de modelación de datos. Particular énfasis se da a la gestión de datos que son utilizados concurrentemente por diferentes usuarios.

El problema de la organización de datos en la Interfaz se resuelve al determinar la siguiente información:

- a) Qué datos se requieren en el SIG?
- b)Cuál es el formato de datos requerido?
- c) Quién requiere los datos?
- d) Cuándo se requieren los datos (ciclos de actualización de los datos)?

Luego de que se ha determinado esta información, se establece la organización de datos, en base a los siguientes criterios:

- a) Un dato requerido por varios usuarios debe ser transferido una sola vez (unicidad).
- b) Los ciclos de datos deben ser estandarizados (uniformidad).
- c) Los formatos de los datos deben ser estándar en el flujo y personalizados para los programas de ingeniería en la salida (integridad de datos)
- d) La carga de la transferencia de datos no debe afectar el desempeño del sistema de tiempo real.
- e) Los datos podrán ser vistos, en el SIG, en la Interfaz y en el SSC, únicamente por los usuarios autorizados.
- f) La información del SSC, la Interfaz y el SIG debe ser idéntica (consistencia).

6. Conclusiones

Los requerimientos de información actualizada y modular en el SIG hacen que la implantación de la Interfaz conlleve acciones de organización de datos y administración de sistemas.

La implantación de la Interfaz permitirá automatizar considerablemente el flujo de información operativa en el CENACE y desarrollar aplicaciones estandarizadas para el tratamiento de información. Los niveles técnicos operativos y directivos tendrán accesos a datos relevantes y precisos del sistema en forma oportuna.

La organización y almacenamiento de datos en el SIG representa grandes oportunidades de creación de información estadística genérica sobre la operación del SNI.

La exportación de datos hacia los sistemas fuera de línea permitirá a CENACE depurar los procesos de planificación y evaluación de la operación, al disponer de información de mayor calidad para los programas de ingeniería.

7. Referencias

1. Brenner W. "Grundzüge des Informationsmanagements", Springer-Verlag, 1994.
2. Grijalva S., "PC Connection to the S.P.I.D.E.R. System: Factory Acceptance Test, Functional Tests Procedures", ABB Network Control AB, April 97.
3. Grijalva S., "PC Connection to the S.P.I.D.E.R. System: Factory Acceptance Test, Maintenance Tests Procedures", ABB Network Control AB, April 97.
4. Grijalva S., "PC Connection to the S.P.I.D.E.R. System: Integrity Tests Procedures", ABB Network Control AB, April 97.
5. Jenkins N., "Client/Server Components", Sams Publishing, 1996.
6. Rob P. - Coronel C., "Database Systems, 2nd Edition, Boyd & Fraser Publishing, 1996.
7. Stevens A., "C Database Development", MIS Press, 1993.
8. Wood C., "Object-Oriented Development with Client /server, Sams Publishing, 1996.

Biografía

Santiago Grijalva S. - Nació en Quito en nov-70. Obtuvo el bachillerato en el Colegio Benalcázar en ago-88. Alcanzó el título de Ingeniero Eléctrico por la EPN en sep-94. Culminó los cursos de la Maestría en Gerencia de Sistemas por la ESPE en Jun-97.

El Ing. Grijalva ha participado en la implantación, puesta en operación y desarrollo del Sistema de Supervisión y Control (SSC) y del Sistema de Información de Gestión (SIG) del CENACE. Desarrolló los protocolos y ejecutó las pruebas de la Interfaz SSC-SIG en Vasteras-Suecia en abr-97.

Actualmente, el Ing. Grijalva desempeña la Jefatura del Departamento de Programas del CENACE. Sus áreas de interés son las funciones de aplicación del sistema EMS, la integración de sistemas de información especializados y la aplicación de tecnologías de control de sistemas de potencia.