

# ESTUDIO PARA LA ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SERVICIO DEL SNI

**Roberto Barba**  
**Wilmer Gamboa**  
Dirección de Operaciones

## RESUMEN

En base a la información de las variables del sistema de potencia que el repositorio de información del EMS/Network Manager – HIS ofrece, se desarrolló una nueva metodología para realizar la evaluación y el análisis de los indicadores de calidad de servicio del Sistema Nacional Interconectado tanto de frecuencia como de voltaje, considerando la característica de duración de la excursión de dichas magnitudes como fundamento principal, lo cual permite una evaluación adecuada del control de la calidad de servicio por parte del Centro de Control.

La determinación de los parámetros que forman parte de los nuevos indicadores se los define en base a técnicas estadísticas, aplicando las políticas dadas por el Comité Ejecutivo de la Corporación CENACE.

El procesamiento de la información residente en el histórico del EMS, se la realiza en base a una aplicación desarrollada en Microsoft Excel.

**PALABRAS CLAVE:** EMS, Network Manager, HIS, Índices de Calidad, Calidad de Servicio, Desviaciones de Voltaje, Bandas de Operación Normal.

## 1. INTRODUCCIÓN

Hasta el mes de agosto de 2007 la evaluación de los índices del Cuadro de Mando Integral de la Corporación CENACE, Dirección de Operaciones, consideraban únicamente el número de veces que la magnitud del voltaje o la frecuencia excursionaban fuera de las bandas establecidas en la normativa del MEM, los datos utilizados para esta evaluación se los registraba horariamente, esta metodología no consideraba lo que sucede en el intervalo propiamente dicho, ni tampoco consideraba el tiempo que el voltaje o la frecuencia permanecían en esta condición, menos aún consideraba el tiempo que el personal del Centro de Operaciones emplea para tomar las acciones correctivas necesarias.

A partir del mes de septiembre de 2007 se empezará a realizar la evaluación de los indicadores de frecuencia

y voltaje, con lo cual se aspira a tener una herramienta mejorada para la supervisión de los procesos ejecutados en la operación del sistema de potencia ecuatoriano.

La metodología actual es una buena alternativa para la evaluación de estas magnitudes; además, facilita la inclusión de varios factores adicionales, importantes en la operación del sistema, entre ellos: valor de consigna para el control, bandas dinámicas de control, número de eventos ocurridos dentro de una hora, etc., los cuales se los realizará en desarrollos futuros.

## 2. DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN

### 2.1. Base Conceptual del Indicador

Como ya se lo mencionó la nueva metodología considera la duración de la falla, lo cual implica un monitoreo continuo de cada una de las variables evaluadas. Al inicio del período, el valor acumulable se activa al detectar una violación de los límites permitidos, este contador se detiene cuando el valor de la variable ingresa nuevamente a la banda de operación permitida, al detectarse una nueva violación, la variable acumuladora se activa nuevamente, pero con un valor ya acumulado, de la anterior violación de la banda.

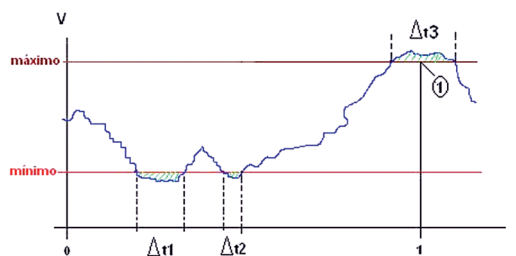


FIGURA 1: Curva de Voltaje de un Sistema Eléctrico de Potencia Registrado en el Tiempo t

En el ejemplo de la Figura 1, el tiempo acumulado será  $t_a = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ .

La discriminación del tiempo acumulado, puede responder a varios criterios, fácilmente

implementables, por ejemplo, acumulación horaria, en un período de duración de un turno laboral, diario, etc.; con esta posibilidad se puede evaluar tendencia de desempeño, lo cual ofrecería una buena herramienta de seguimiento y mejora.

Se excluyen de esta evaluación los períodos en los cuales los valores de las variables consideradas violaron los límites de operación normal, debido a: desconexiones no programadas de generación, carga y elementos del Sistema Nacional Interconectado, indisponibilidad del sistema de adquisición de datos y el estado operativo de las UTR's del sistema.

Adicionalmente, no se considera la valoración de las magnitudes cuando las mismas son iguales a cero por períodos mayores a 30 minutos, ya que eso se considera mantenimiento programado o falla de magnitud considerable. Complementariamente a esta discriminación automática, existirá un proceso de revisión y validación manual de las desviaciones cuya magnitud se encuentre en este orden de duración.

## 2.2. El Repositorio de Información Histórica del Network Manager - HIS

En la Figura 2 se esquematiza de manera simple, la estructura del sistema Network Manager System (NMS) con el que cuenta el CENACE.

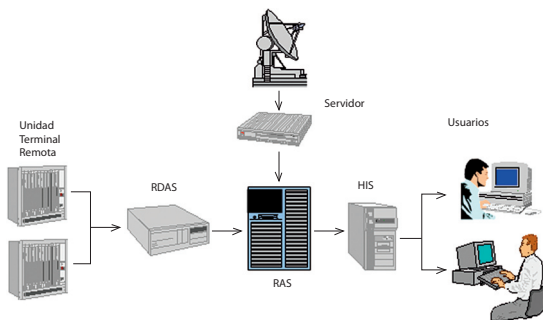


FIGURA 2: Estructura de EMS - NMS

En Donde:

RDAS: Remote Data Adquisition Server.  
 RAS: Real Time Aplication Server.  
 HIS: Historian.

En el histórico HIS del NMS reposan los valores de las diferentes magnitudes eléctricas que se recopilan del sistema de tiempo real a través de las UTR's, información que llega de forma digital al RDAS para su posterior transferencia al RAS, en el cual se clasifica y se asigna la respectiva magnitud eléctrica.

Sobre la base de la magnitud de información a almacenar, este sistema utiliza algoritmos avanzados de compresión de la información, cuyo principio obedece a una lógica de registro eficiente, optimizando espacio de disco y garantizando la idoneidad de la información.

Este principio considera, almacenar un valor cuando se sobrepasan los límites definidos en el algoritmo, para considerar que ha ocurrido un cambio; además, cuando existe un cambio de dirección con respecto a la tendencia anterior.

Una esquematización del modelo de compresión de información se presenta en la Figura 3.

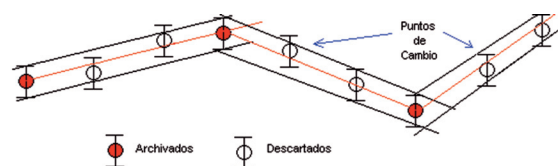


FIGURA 3: Metodología de Almacenamiento de Datos en el Histórico del NMS

El modelo se complementa con el algoritmo de descompresión, que debe obedecer a los requerimientos del usuario, es decir, para un cierto período y a una hora definida el dato que se recupera debe reflejar exactamente el estado operativo que tenía el sistema en ese momento.

Los valores almacenados pueden ser recuperados mediante una interfase en un ambiente Windows.

Entre las formas de extracción de datos del Histórico, están los siguientes:

- PI-Processbook: A través de un libro de trabajo que permite obtener curvas de tendencia de los valores almacenados.
- PI-Datalink: Herramienta que permite estar enlazado el histórico del NMS con una hoja de cálculo.
- PI-ODBC: Permite utilizar funciones aritméticas de los datos antes de extraerlos a programas abiertos de Microsoft.
- PI-API: Programa de Interfaz que permite el acceso de datos desde sistemas externos.

De las herramientas descritas, para este trabajo se ha utilizado el programa de interfaz PI-Datalink. El cual permite extraer los datos a una hoja de cálculo.

### 2.3. Procesamiento de la Información

A través del PI-Datalink y con la ayuda de la aplicación Microsoft Excel se extraen los valores de las magnitudes de voltaje, frecuencia y el tiempo que los mismos permanecen fuera de las bandas permitidas de operación normal, cada 15 minutos en cada una de las barras del Sistema Nacional Interconectado, para todos los niveles de voltaje y la frecuencia de la barra de 138 kV de la subestación Santa Rosa. De manera complementaria es necesario obtener, el estado operativo de las UTR's respectivas, para asegurar que el dato que se obtiene es correcto.

Finalmente, se suman todos los tiempos en que la magnitud sale fuera de las bandas permitidas, y se obtiene el tiempo mensual acumulado en que hubo excursiones. La sumatoria de los tiempos discrimina si la desviación se produjo por sobre la banda o por debajo de la banda, de esta manera, se minimiza la compensación de los valores en puntos con altos voltajes y puntos con bajos voltajes.

Fue necesario agrupar a las subestaciones por niveles de voltaje y por zonas de influencia, esta medida permite focalizar y detectar rápidamente zonas sensibles y problemáticas para el control del voltaje. El cálculo de las metas se lo realiza por zonas, las cuales se las especifica a continuación:

#### Subestaciones a 138, 69, 46 y 34,5 kV

1.	Zona Norte	Pomasqui Santa Rosa TRN Santa Rosa TRP Vicentina T1 Vicentina T2 Ibarra ATQ Ibarra Móvil Ibarra T1 Tulcán
2.	Zona Centro-Oriental	Mulaló Ambato Riobamba
3.	Zona Sur	Totoras
4.	Zona Sur	Cuenca Loja
5.	Zona Nor-Occidental	Esmeraldas Sto. Domingo
6.	Zona Occidental	Quevedo Chone Portoviejo
7.	Zona Centro-Occidental	Pascuales G. Zevallos Barra A G. Zevallos Barra B Policentro Posorja Sta. Elena Trinitaria Barra 1 Trinitaria Barra 2
8.	Zona Sur-Occidental	Dos Cerritos Milagro Machala Barra 1 Machala Barra 2 Babahoyo

#### Subestaciones a 230 kV

1.	Zona Norte	Pomasqui Santa Rosa Totoras
2.	Zona Nor-Occidental	Sto. Domingo Quevedo
3.	Zona Occidental	Pascuales Trinitaria Dos Cerritos Milagro

Una vez establecidas las subestaciones que conforman cada una de las zonas, se procedió a determinar los tiempos acumulados **en minutos** de cada una de las subestaciones.

### 2.4. Consideraciones Generales

Para la evaluación del índice se consideran varios aspectos inherentes a la operación misma del Sistema Nacional Interconectado en tiempo real.

- Se procesó información a partir de enero de 2006.
- Se consideran únicamente los valores históricos válidos, identificables a través de los códigos asignados por el NMS; si la información no es confiable la misma queda descartada; es decir, sólo se tomarán en cuenta cuando la señal proveniente de la UTR es en condiciones normales.
- No se consideran tiempos de desviación, tanto de los voltajes como de la frecuencia, cuando han existido fallas de generación, transmisión o desconexiones de carga considerables.
- Los voltajes de 230 kV, serán evaluados en las Barras # 1 de cada Subestación, si por algún mantenimiento o falla la medición, en esta barra, no está disponible se evaluarán los registros de la Barra # 2.
- Los voltajes en puntos de entrega se evaluarán en cada una de las barras principales de la subestación respectiva.
- La frecuencia será registrada solamente en la S/E Santa Rosa 138 kV.

Con estos valores filtrados se evalúan los índices individuales, sobre y bajo la banda; luego se calcula la media aritmética de todos los índices individuales por banda; el índice total a considerar será el promedio entre las medias aritméticas por banda, cuya formulación se la describe en numerales siguientes.

## 2.5. Formulación del Indicador

Formula índice individual:

$$1 - \max \left[ 0, \frac{Valor}{Base_{VARIABLE.i}} - Meta_{VARIABLE.i} \right] \quad (1)$$

**Valor:** Es el tiempo mensual acumulado en que los valores de las variables evaluadas estuvieron fuera de la banda permitida.

Este valor tiene unidades de tiempo (minutos).

**Base<sub>VARIABLE.i</sub>:** Es la normalización de los tiempos acumulados mensualmente; se la determina con respecto al doble de la diferencia entre el máximo tiempo de excursión mensual y la meta de la variable, ambos del año anterior.

Su valor será fijo y predeterminado en forma anual. La fórmula utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$Base_{VARIABLE.i} = 2(Valor_{MAX} - Meta) \quad (2)$$

Donde meta se la calculó como el valor promedio de los valores mensuales más una desviación estándar del año 2006.

**Valor<sub>MAX</sub>:** Representa el máximo tiempo de excursión mensual registrado en el año anterior en cada una de las subestaciones.

**Meta<sub>VARIABLE.i</sub>:** Es la normalización de la meta del año anterior, la normalización se la realiza con respecto al valor base definido para cada variable en el análisis. El valor es fijo y determinado en forma anual, de esta manera se tiene:

$$Meta_{VARIABLE.i} = \left( \frac{Meta}{Base_{VARIABLE.i}} \right) \quad (3)$$

Para el caso de la variable voltaje los índices obtenidos individualmente se los integra mediante la media aritmética, discriminado los casos sobre y bajo la banda, mediante la siguiente formulación.

$$I_{TOTAL} = \frac{\sum_{i=1}^N I_{sobre_i} + \sum_{i=1}^N I_{bajo_i}}{2N} \quad (4)$$

Donde: N = número de zonas.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS

### 3.1. Variación de Voltajes Respecto a Valores Permisibles para 230 kV

TABLA 1: Valores Base y Metas por Zonas para los Voltajes sobre la Banda del 5% de 230 kV

ZONA	TIEMPO ACUMULADO SOBRE EL 5 %		
	VALOR MAX	BASE 230	META 230
Norte	659,4	805,7	0,3
Occidental	0,2	0,2	0,4
Sur - Occidental	0,2	0,3	0,3

TABLA 2: Valores Base y Metas por Zonas para los Voltajes Bajo la Banda del 5% de 230 kV

ZONA	TIEMPO ACUMULADO SOBRE EL 5 %		
	VALOR MAX	BASE 230	META 230
Norte	657,6	603,7	0,6
Occidental	1 291,4	1 521,3	0,3
Sur - Occidental	5 471	5 263	0,5

### 3.2. Variación de Voltajes Respecto a Valores Permisibles para Puntos de Entrega

TABLA 3: Valores Base y Metas por Zonas para los Voltajes Sobre la Banda para Puntos de Entrega

ZONA	PROPUESTA SOBRE LA BANDA		
	VALOR MAX	BASE	META
Norte	41 536,8	2 733,9	14,7
Centro - Oriental	163,7	166	0,5
Totoras	3 234,3	2 541,3	0,8
Sur	968,5	651,3	1
Nor - Occidental	179,8	96,4	1,4
Occidental	430,4	264,3	1,1
Centro - Occidental	6 653,1	6 056	0,6
Sur - Occidental	558,2	325,9	1,2

TABLA 4: Valores Base y Metas por Zonas para los Voltajes Bajo la Banda para Puntos de Entrega

ZONA	PROPUESTA BAJO LA BANDA		
	VALOR MAX	BASE	META
Norte	50 411,9	7 575,4	6,2
Centro - Oriental	2 175,2	2 380,5	0,4
Totoras	309,7	384	0,3
Sur	4 249,7	3 380,8	0,8
Nor - Occidental	6 143,4	6 392,8	0,5
Occidental	7 240,4	4 799,9	1
Centro - Occidental	14 395,5	14 166	0,5
Sur - Occidental	13 001	14 650,1	0,4

### 3.3. Variación de la Frecuencia con Respecto al Valor Nominal

TABLA 5: Valor Base y Meta para la Frecuencia Sobre la Banda Permitida de 60,15 Hz

S/E	PROPUESTA SOBRE 60,15 Hz		
	VALOR MAX	BASEfrec	METAfrec
Sta. Rosa	6,9	6,6	0,5

TABLA 6: Valor Base y Meta para la Frecuencia Bajo la Banda Permitida de 59,85 Hz

S/E	PROPUESTA BAJO 59,85 Hz		
	VALOR MAX	BASEfrec	METAfrec
Sta. Rosa	12,8	9,5	0,8

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con el cambio de la metodología de evaluación de los índices, tanto de la frecuencia como del voltaje, se puede realizar una gestión de control mucho más precisa, identificando las subestaciones con mayores problemas de desviaciones de voltajes.
- Con la flexibilidad que ofrecen el sistema de almacenamiento de información HIS, es posible definir un indicador del desempeño del personal del Centro de Operaciones por turno, en el control de la calidad del servicio eléctrico.
- Con la funcionalidad del sistema disponible, se puede realizar un análisis de los valores reales de control de voltaje y sobre esta base se podría definir las bandas de control aplicables, considerando siempre como referencia el cumplimiento de lo establecido en la normativa.
- Como un análisis futuro se prevé la determinación de los tiempos promedio requerido por el personal de la Sala de Control para ejecutar las acciones de corrección.
- En base a las herramientas de procesamiento elaboradas, se puede definir un medidor de

la evaluación del índice en tiempo real, el cual permitiría realizar una gestión de seguimiento más ágil y con mayor oportunidad.

- Es posible establecer anualmente un valor de referencia sobre la calidad de servicio en lo que respecta a la frecuencia del sistema.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] DE LIMA Francisco; Historian (PI) System Course 740, ABB Inc., Network Management Systems. Curso dictado en el CENACE, Mayo 2005.
- [2] DE LIMA Francisco; Basic SCADA Operations, ABB Inc., Network Management Systems. Curso dictado en el CENACE, Abril 2005.



**Roberto Barba Barba.-** Nació en Quito, Ecuador, en 1968. Obtuvo el título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en 1996 y recibió el grado de Magíster en Investigación Operativa de la Escuela Politécnica Nacional en el año 2004.

Actualmente se desempeña como Coordinador del Área Centro de Operaciones en la Dirección de Operaciones del CENACE. Su campo de acción es la coordinación de la operación en tiempo real del SNI.



**Wilmer Gamboa Naranjo.-** Nació el 31 de marzo de 1975 en la ciudad de Ambato, cursó sus estudios superiores en la Facultad de Ingeniería Eléctrica especialización Potencia en la Escuela Politécnica Nacional, basando su Proyecto de Titulación en el

Análisis de Estabilidad de Voltaje y Control Óptimo de Potencia con tecnología FACTS. Desde el 2001 se desempeña como Operador de Generación y Transmisión del SNI en la Dirección de Operaciones del CENACE.