

Calidad del servicio eléctrico. Método de control de las interrupciones del suministro.

Pedro E. Issouribehere, Juan C. Barbero
pedroi@iitree.ing.unlp.edu.ar jcb@iitree.ing.unlp.edu.ar
IITREE-LAT. Facultad de Ingeniería -UNLP
(1900) 48 y 116. La Plata. Argentina

Jorge Martínez, Alejandro Galinski
distrcm@enre.gov.ar
Ente Nacional Regulador de la Electricidad
(1106) Madero N° 1020 P.8°. Buenos Aires. Argentina.

Resumen: Los servicios de distribución eléctrica en el área metropolitana de Buenos Aires deben cumplir con tasas máximas de interrupciones del suministro, impuestas a las empresas en los Contratos de Concesión.

El procedimiento para calcular las bonificaciones comprende el registro de las contingencias de la red, el tipo de vínculo usuario-red y la estimación, mediante curvas de carga típicas, de la energía no suministrada.

El método de control que se describe, comprende el registro de interrupciones en puntos de suministro y el posterior cálculo de las bonificaciones.

Seleccionando dichos puntos con criterios de muestreo estadístico es posible determinar la calidad de la tarea global realizada por las distribuidoras. El método es análogo al utilizado en el control de planteles de medidores de energía eléctrica en servicio.

En la etapa actual de puesta en marcha del método, éste brinda información determinística de cortes en MT e información sobre huecos de tensión.

Palabras Clave: Calidad de Servicio - Interrupción - Control - Estadística.

I. INTRODUCCION.

El método que aquí se presenta propone que la auditoría a realizar por el Ente Regulador se base en técnicas de muestreo estadístico.

Esta propuesta se sustenta por un lado en la magnitud del universo y, por otro, en que la misma técnica es la que se ha establecido para el control de los planteles de medidores de la energía suministrada.

Para ello, se deben definir algunos aspectos básicos de la auditoría, tales como tamaño mínimo de la muestra y criterios de evaluación del grado de cumplimiento de la tarea de administración auditada.

II. METODOS DE AUDITORIA.

A. Medición de energía vs. Calidad de Servicio.

La energía eléctrica suministrada a un usuario se factura en base a una medición específica y a una tarifa establecida.

Para el área metropolitana (ciudad de Buenos Aires, Gran Buenos Aires, La Plata y Gran La Plata) los 5.000.000 de usuarios pagan por la energía que indican igual número de medidores. Esta medición tiene sus reglas, entre ellas la clase de la medición y el control que debe realizarse sobre los aparatos. Los Contratos de Concesión establecen que el control de los planteles de medidores de energía eléctrica deberá efectuarse por técnicas de muestreo. Estos controles ya se efectúan, y permiten establecer si las Distribuidoras cumplen con un porcentaje máximo, estadísticamente tolerable, de equipos en mala condición.

Por otro lado, la bonificación a percibir por el usuario por mala calidad del servicio aparecerá como un descuento en su factura. Podría decirse que así como el usuario *paga* por la energía que recibe, *cobra* por la no suministrada (Fig. 1).

Así visto, parecería razonable que ambas energías sean medidas con iguales reglas.

Como, al estado actual de la técnica, no existen medidores de energía no suministrada, los Contratos han previsto el cálculo de esta última por el procedimiento de vincular las contingencias de la red con cada usuario y determinar la ENS en base al horario y duración del corte y a una curva universal de carga.

La determinación de la ENS debería efectuarse con una "clase" que guarde relación con la de medición de la energía suministrada.

Si el plantel de medidores en servicio se controla por muestreo, también por el mismo procedimiento de inspección podría verificarse esta otra medición.

B. Método propuesto para el control de la bonificación por ENS.

El método que se propone se basa en el control a nivel de suministro de usuarios, seleccionados en base a técnicas de muestreo estadístico.

En este método se tienen en cuenta la frecuencia de interrupciones y el tiempo total de interrupción por semestre.

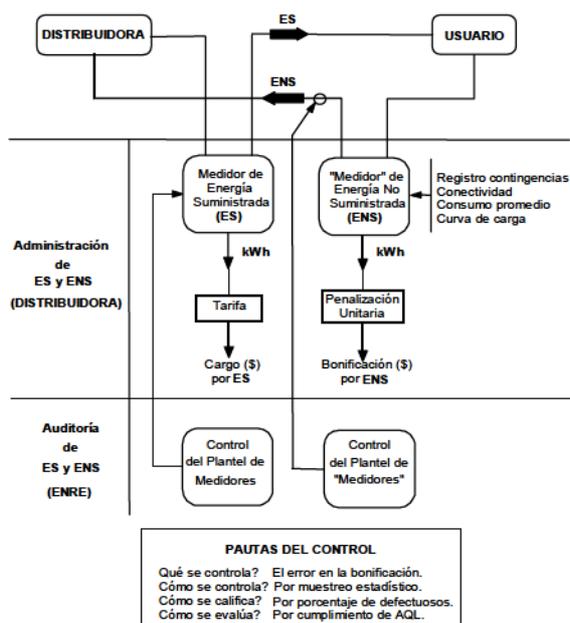


Fig. 1. Auditoría técnica de la medición de la energía suministrada (ES) y la no suministrada (ENS).

Las Distribuidoras deben bonificar a los usuarios por la energía no suministrada. El cálculo se efectúa vinculando cada contingencia ocurrida en la red con la conexión eléctrica al usuario en cuestión [1].

El Ente Regulador debe aprobar los criterios de diseño y la implementación del sistema de administración de la Calidad del Servicio, y puede auditar las tareas de relevamiento de información básica y de procesamiento, en cualquiera de sus etapas.

El método que se propone para auditar la administración de la Calidad de Servicio por muestreo de usuarios, consiste en lo siguiente:

- 1) Se inspeccionan n usuarios por Distribuidora.
- 2) En el período de interés se calcula la bonificación por mala calidad para cada uno de los n usuarios inspeccionados (b_r).
- 3) Se calcula el error (e) en la bonificación calculada por la Distribuidora en igual período (b_d):

$$e = \frac{b_d - b_r}{b_r} \cdot 100 \quad [\%]$$

- 4) Se definirá el *error límite admisible* c para el cálculo de la bonificación que realiza la Distribuidora, de manera tal que, comparando el error e con dicho límite admisible $\pm c$, puede resultar :
 - $|e| \leq c$: el control de calidad efectuado por la Distribuidora ha sido correcto.
 - $e < c < 0$: el control de calidad efectuado por la Distribuidora no ha tenido en cuenta todas las interrupciones y duraciones reales.
 - $e > c > 0$: el control de calidad efectuado por la Distribuidora ha sido incorrecto, bonificándose más de lo que corresponde.

- 5) Se efectúa una evaluación estadística del desempeño de la Distribuidora en esta tarea.

Si n se selecciona adecuadamente, en relación al plantel de usuarios totales de la Distribuidora, es posible obtener un índice de la eficacia con que se han seguido las interrupciones del servicio. Este índice sería el AQL (nivel de calidad aceptable) con el que se califican las calidades de lotes grandes que se evalúan por muestreo.

Con las n evaluaciones de e , se determina el AQL del universo total de usuarios de la Distribuidora. El número n necesario depende de:

- N : Universo a ponderar
- AQL: nivel de calidad que debe cumplir N .
- α/β : incertidumbre de la determinación del AQL.

También se requiere que N esté formado por elementos iguales (debería definirse si se toma el total de los usuarios o se hacen lotes por tarifas, aunque los Contratos en el área de Buenos Aires [1] no hacen otra distinción que el valor de ENS).

Los n ítems deben ser elegidos al azar.

Dado que la característica a evaluar (error) es cuantificable, se puede usar la técnica de muestreo por variables (lo cual permite disminuir n en relación a la otra técnica, por atributos).

Del estudio realizado mediante este método, por semestre, se obtendría:

- Corrección de la bonificación de aquellos casos detectados como mal evaluados.
- Un índice de mérito, a través de un método con sustento técnico, para la calificación global de la tarea efectuada por la Distribuidora.

El incumplimiento de la meta de calidad impuesta (AQL) en la tarea justificaría la adopción de medidas correctivas

C. Estimación para casos tipo.

Caso 1: Típico de Distribuidoras tipo A/B. Aplicable al total de usuarios (N) o solo pequeñas demandas ($T1$).

- N : 2.000.000.
- $AQL \cong 5$. Este nivel de calidad aceptado coincidiría con el utilizado en el control de planteles de medidores en servicio. También con el criterio de severidad adoptado en el control de perturbaciones.
- El riesgo (β) sería aconsejable adoptarlo en 10 % o mejor.
- Utilizando [2]:
 - Tabla A-1 [2], con $AQL = 5$ (4,40 a 6,99). Se adopta 6,5.
 - Tabla A-2 [2], con $N > 550.000$ y nivel de inspección IV.
 - Resulta el número a inspeccionar: $n \geq 200$.

Caso 2: Típico de Distribuidora tipo C.

- N : 250.000.

- Con iguales consideraciones que para el caso anterior, se obtiene $n \geq 150$.

D. Equipos de registro necesarios.

En cada sitio deberá instalarse un registrador de interrupciones, cuyas características básicas deberían ser las siguientes:

- Medición del valor eficaz de la tensión.
- Detección de interrupciones por nivel respecto a la referencia ($U_n = 220$ V). Por ejemplo: 20 % ó $\cong 50$ V.
- Umbral de tiempo de interrupción $\cong 1$ minuto.
- Resolución de tiempo mejor o igual a 1 segundo.
- Indicación de fecha y hora del evento.
- Estabilidad del reloj, mejor a 2 minutos/mes.
- Memoria de estado sólido no volátil. Retención mayor a 6 meses.
- Capacidad de almacenamiento mayor a 500 eventos.
- Alimentación con la propia tensión a medir. Consumo menor a 10 VA.
- Funcionamiento garantizado de al menos un día, sin alimentación.
- Programable (U_n , apartamientos, tiempos, fecha y hora, etc.) vía interfaz serie compatible con PC.
- Display de parámetros programados y valores medidos.
- Programas de PC para programación, verificación de funcionamiento y descarga de datos.

III. METODO DE CONTROL ACTUAL

En el Área Metropolitana de Buenos Aires, se está llevando a cabo, desde septiembre de 1997, una Campaña de Auditoría de la Calidad del Servicio Eléctrico prestado por las Distribuidoras.

A. Método de Auditoría de Calidad de Servicio implementado.

Las auditorías, se realizan mediante equipos monofásicos que detectan eventos en la red de suministros (interrupciones de larga duración y microcortes), cuya instalación, operación y tratamiento de la información básica el Ente Regulador ha confiado al IITREE-LAT de la UNLP.

La estrategia de instalación de los monitores actualmente está orientada a detectar interrupciones *de los alimentadores de MT o de niveles superiores de la red*. Se instalan en domicilios de usuarios y, a efectos de descartar interrupciones de otro origen, se ubican por parejas.

Una pareja de equipos se destina a monitorear a un alimentador. Para ello cada uno de los equipos de la pareja se instala en la red de BT de dos Centros de Transformación correspondientes al mismo alimentador. La selección de alimentadores y Centros de Transformación se efectúa con la base de datos de las Distribuidoras.

El procesamiento habitual de las interrupciones de larga duración (3 minutos o más) registradas en el suministro de las Distribuidoras C (Octubre 1997 a Octubre 1998), A (Noviem-

bre 1997 a Noviembre 1998) y B (Diciembre 1997 a Diciembre de 1998), tiene por objeto poner en evidencia las interrupciones causadas por una interrupción en alimentadores de MT, verificando la coincidencia de eventos registrados en equipos instalados sobre un mismo alimentador.

Las interrupciones de larga duración detectadas con dicho procesamiento, son informadas al Ente Regulador bimensualmente.

En este trabajo, se emplean los mismos registros de campo a nivel de usuarios, para efectuar otro tipo de procesamiento, no sólo de cortes largos, sino también de los microcortes detectados.

Se presentan los resultados del procesamiento de los siguientes tipos de interrupciones:

- *microcortes 1* (de 1 s o menor duración)
- *microcortes 2* (de duración entre 1 s y 10 s)
- *microcortes 3* (de duración entre 10 s y 3 min.)
- *cortes largos* (de duración igual o superior a 3 min.)

en el área de servicio de las tres Distribuidoras del Área Metropolitana: **A**, **B** y **C**, con la totalidad de los registros obtenidos desde el inicio de la campaña de Auditoría de la Calidad de Servicio Eléctrico al mes de Diciembre de 1998.

Dicha clasificación efectuada al inicio de la campaña en base a las posibilidades que brinda el equipo de registro, podría ajustarse a otros criterios que eventualmente sean normalizados en el futuro.

El procesamiento actual ha tenido por objeto definir algunos indicadores de la Calidad del Servicio Eléctrico en lo que se refiere a los cortes breves y de larga duración, y al mismo tiempo algunas cifras indicativas de la situación actual.

B. Preparación de la información disponible

La información disponible consiste en registros de interrupciones de larga duración (3 minutos o más) y microcortes, producidos en los suministros de **A** (entre Noviembre 1997 y Noviembre 1998), **B** (entre Diciembre 1997 y Diciembre de 1998) y **C** (entre Octubre 1997 y Octubre 1998). En la Tabla I se presentan cifras indicativas del volumen de información procesado, y de su representatividad.

Tabla I. Cifras indicativas del volumen de información procesado, y de su representatividad.

Distribuidora	Estaciones	Sitios	Meses-Sitio de Medición
C	9	155	725.8
A	25	194	923.3
B	25	196	928.5

A fin de minimizar errores provocados por cortes generados en el domicilio de los usuarios, se definieron los siguientes criterios para identificarlos y suprimirlos:

- **Corte de vacaciones.** Los cortes de duración mayor a 4000 minutos (2,8 días) se consideraron como cortes generados por el usuario por vacaciones.
- **Corte largo de fin de semana.** Los cortes de duración mayor a 2000 minutos (1,4 días), iniciados en día jueves

o viernes, se consideraron generados por el usuario por cierre comercial de fin de semana.

- **Corte largo en horarios de cierre.** Los cortes de duración mayor a 500 minutos (8,3 hs), iniciados en día de semana o sábado después de las 12 hs, se consideraron como cortes de horario de cierre comercial.
- **Cortes repetitivos provocados por el usuario.** Todos los cortes registrados con una periodicidad bien definida, han sido descartados, por tratarse de cortes provocados por automatismos de sistemas de seguridad instalados en el domicilio del usuario.

C. Resultados del procesamiento de interrupciones del Año 1 (Octubre 1997 a Diciembre 1998).

En este apartado se presentan los primeros resultados de la campaña de monitoreo de interrupciones y microcortes, realizada en el Área Metropolitana entre los meses de Octubre de 1997 y Diciembre de 1998.

El procesamiento estadístico se ha orientado a la obtención de índices de cortes, clasificados en cuatro diferentes duraciones, expresados como valores medios por sitio monitoreado y por mes. A fines comparativos, dicho tratamiento se ha efectuado por Distribuidora.

Esta primera información obtenida debe ser utilizada con precaución, debido a los diferentes condicionamientos resultantes del método de monitoreo empleado.

En la Fig. 2 se comparan los resultados obtenidos para cada distribuidora, y para cada tipo de interrupción registrado.

En las Figs. 3 a 5, se indican por separado, la cantidad por sitio-mes, de cada tipo de microcorte, para las tres Distribuidoras del Área Metropolitana. Además, se indican los valores de referencia (valores probables para el 95% de los sitios) publicados en [3] y [4].

En la Fig. 6 se presentan los valores comparativos de la cantidad de cortes de larga duración, por sitio-mes, para las tres Distribuidoras del Área Metropolitana. El valor adoptado por el Ente Regulador es de 1 interrupción por sitio-mes [1].

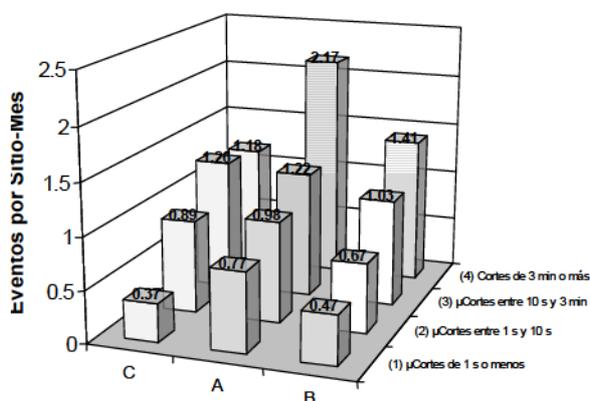


Fig. 2. Interrupciones de larga duración y microcortes. Número promedio registrado por sitio-mes, para cada Distribuidora del Área Metropolitana. Valores comparativos.

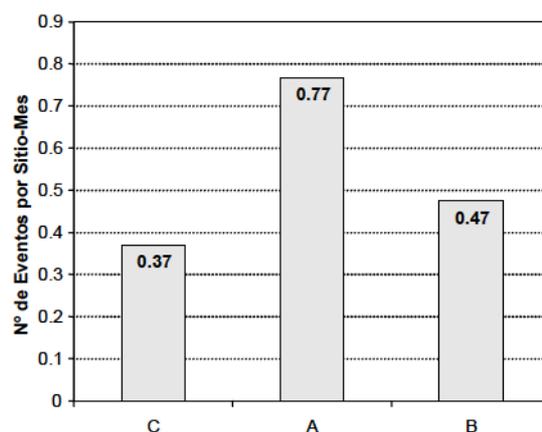


Fig. 3. Microcortes de duración menor a 1 segundo. Número promedio registrado por sitio-mes, para cada Distribuidora del Área Metropolitana. El Nivel de referencia (valor probable en el 95% de los sitios) es de 12 interrupciones por sitio-mes [3], [4].

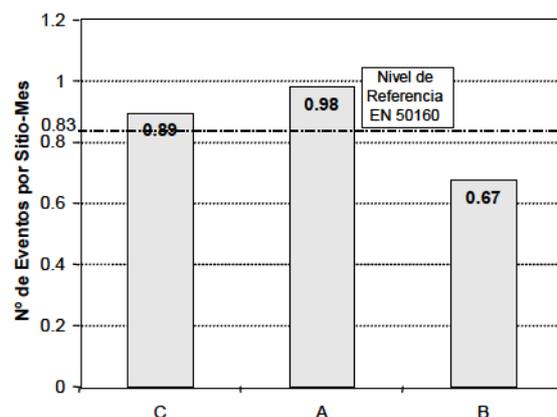


Fig. 4. Microcortes de duración entre 1 s y 10 s. Número promedio registrado por sitio-mes, para cada Distribuidora del Área Metropolitana. El Nivel de referencia (valor probable en el 95% de los sitios) es de 0.83 interrupciones por sitio-mes [3], [4].

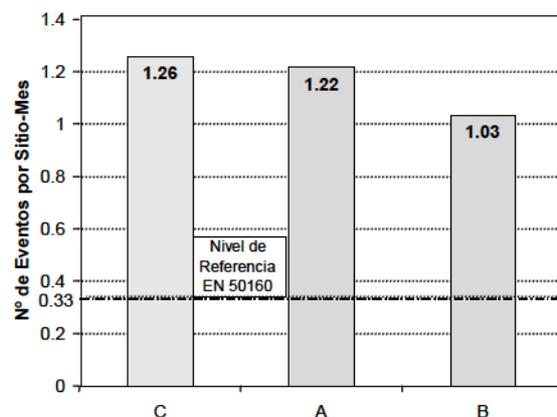


Fig. 5. Microcortes de duración entre 10 s y 3 min. Número promedio registrado por sitio-mes, para cada Distribuidora del Área Metropolitana. El Nivel de referencia (valor probable en el 95% de los sitios) es de 0.33 interrupciones por sitio-mes [3], [4].

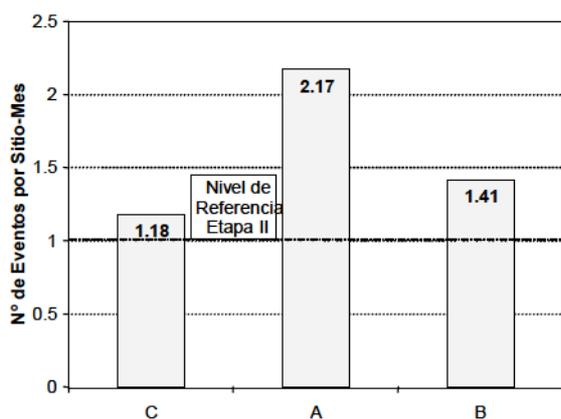


Fig. 6. Cortes de duración superior a 3 min. Número promedio registrado por sitio-mes, para cada Distribuidora del Área Metropolitana. El valor adoptado por el Ente Regulador para la Etapa II es de 1 interrupción por sitio-mes.

En la Fig. 7 se presentan los valores comparativos de la duración promedio de los cortes de larga duración, para cada una de las tres Distribuidoras del Área Metropolitana. Los valores adoptados por el Ente Regulador [1] son para los *tiempos máximos de interrupción* de 10.hs/interrupción para pequeñas y medianas demandas en BT, y de 6 hs/interrupción para grandes demandas en BT.

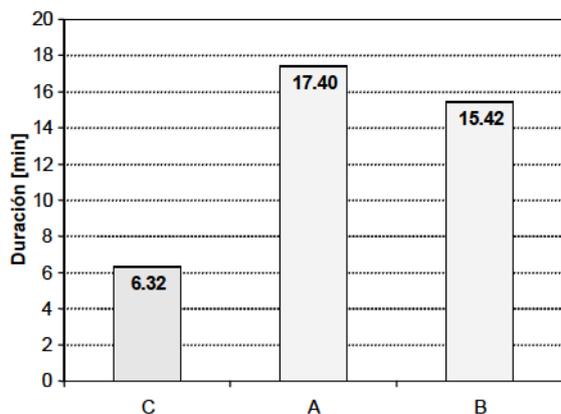


Fig. 7. Cortes de duración superior a 3 min. Duración promedio registrada, en cada Distribuidora del Área Metropolitana. Los valores adoptados por el Ente Regulador para la Etapa II son para los *tiempos máximos de interrupción* de 10.hs/interrupción para pequeñas y medianas demandas en BT, y de 6 hs/interrupción para grandes demandas en BT.

D. Comparación de Resultados.

Los resultados obtenidos han sido comparados con los Niveles publicados por UNPEDE [3] como guía de aplicación de la norma europea EN 50160 [4], y con los valores adoptados por el Ente Regulador [1] para el Área Metropolitana.

Niveles publicados por UNPEDE [3]

La información de la Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Energía Eléctrica de Enero 1995, resume una campaña de medición en 126 lugares de Europa. La publi-

cación da los resultados de cantidades de eventos por año con probabilidad 95% de no ser excedidos.

Los eventos se clasifican por la profundidad de la caída de tensión y por su duración.

Los valores han sido adecuados a la clasificación de tiempos utilizada en la campaña del Ente Regulador, habiéndose agrupado los resultados de eventos mayores al 30% de caída de tensión, dado que el equipamiento aquí empleado tiene la consigna de evento, aproximadamente en ese nivel. De esta forma resultaron los niveles de referencia indicados en **Tabla II**.

Tabla II. Niveles de referencia EN 50160 adaptados a la campaña del Ente Regulador.

	Duración de los cortes		
	< 1 s	1 s a 10 s	10 s a 3 min
Microcortes por año	120	10	4

Calidad del Servicio Técnico en la Etapa 2. Área Metropolitana [1].

A nivel de cada usuario, los valores máximos admitidos son:

- ◊ Frecuencia de interrupciones mayores a 3 minutos.
- ◊ Pequeñas, medianas y grandes demandas: 6 interrupciones/semestre
- ◊ Tiempo máximo de interrupción.
- ◊ Pequeñas y medianas demandas en BT: 10 hs/interrupción.
- ◊ Grandes demandas en BT: 6 hs/interrupción.

IV. CONCLUSIONES.

Los resultados de la campaña de relevamiento de interrupciones y microcortes en el Área Metropolitana durante el primer año, permiten obtener un resultado inicial demostrativo del grado de cumplimiento de índices deseables.

Este procesamiento ha tenido por objeto definir algunos indicadores de la Calidad del Servicio Eléctrico en lo que se refiere a los cortes breves y de larga duración, y al mismo tiempo algunas cifras indicativas de la situación actual.

Con el agregado de mayor cantidad de datos, en el futuro sería posible obtener resultados con mayor representatividad estadística.

Finalmente, se espera obtener el grado de rigurosidad necesario para hacer efectivo el procedimiento de control estadístico de las interrupciones.

V. REFERENCIAS

- [1] Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE). *Contratos de Concesión de los Servicios de Distribución Eléctrica del Área Metropolitana de Buenos Aires, Argentina*. Subanexo 4.

- [2] Mil Std 414 *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective*.
- [3] International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy (UNIPED). 1991 N° 50.02 and *Application Guide to the European Standard EN 50160*. January, 1995.
- [4] European Standard EN 50160. *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*. 1995.