

CALIDAD DE TENSION. EXPERIENCIAS EN EL CONTROL EN LOS SERVICIOS DE DISTRIBUCION

Ing. Claudio Guidi
ENRE (1)
Argentina

Ing. Pedro E. Issouribehere
IITREE-UNLP (2)
Argentina

RESUMEN

El nivel de la tensión y las perturbaciones que la contaminan definen la calidad del producto técnico suministrado por las empresas eléctricas a sus clientes.

La calidad de la tensión, junto con la tasa de interrupciones definen la calidad del servicio eléctrico. La calidad, bajo las reglas del mercado eléctrico argentino, constituye un factor de mérito en la prestación a controlar por el ENRE como condición contractual en la concesión del servicio público.

Se exponen las experiencias del ENRE en el control de la calidad de la tensión en las empresas distribuidoras del área metropolitana, explicando los métodos y procedimientos de medición, evaluación y penalización adoptados y los resultados obtenidos en la primera etapa.

Se definen los criterios a adoptar en el control de las perturbaciones que afectan a la calidad de la onda de tensión, tales como armónicas, flicker, fluctuaciones, caídas y otros fenómenos contaminantes.

PALABRAS CLAVE

Calidad de tensión. Armónicas. Flicker.

1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la Argentina el sector de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica ha sufrido importantes cambios.

Existe un mercado mayorista eléctrico, formado por todos los generadores, transportistas y grandes usuarios que se relacionan entre sí a través de reglas de mercado, con una administración común.

Por otra parte, la distribución eléctrica, territorialmente monopólica, está a cargo de compañías entre las cuales las del área metropolitana de Buenos Aires se han privatizado y están bajo jurisdicción del ENRE, según el esquema de la Figura 1. En lo que sigue se hará referencia al régimen de calidad del servicio eléctrico.

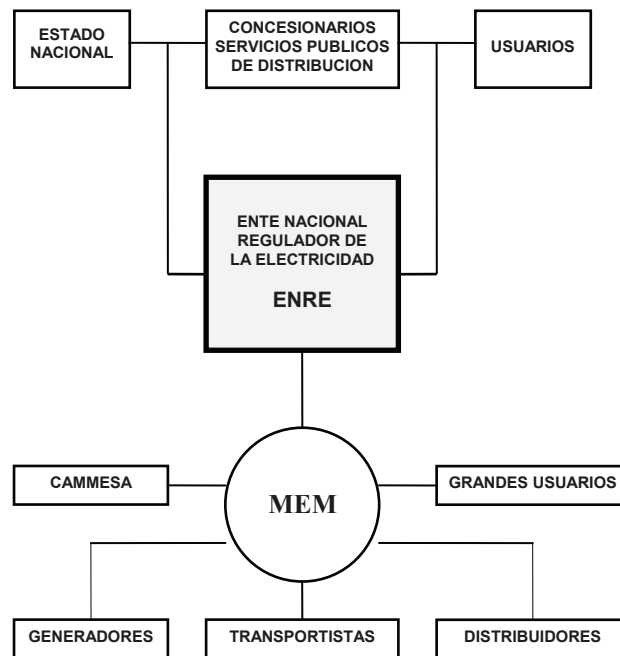


Figura 1 - Esquema del mercado eléctrico argentino.

2.- CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCION

La reestructuración del Sector Eléctrico Argentino introdujo nuevos conceptos en lo que respecta a la Calidad del Servicio Suministrado, que si bien no resultaban técnicamente desconocidos con anterioridad, no eran de aplicación sistemática por las empresas Distribuidoras de origen estatal.

En general no existían límites admisibles para la prestación en lo que se refiere a la Calidad del Suministro, y de existir no se desarrollaban metodologías precisas de control, ni se encontraban penalizados los apartamientos a los mismos, como tampoco se bonificaba a los usuarios por recibir una Calidad de Servicio inferior a la que correspondería por la tarifa abonada.

A los fines de la actividad de Distribución la reestructuración tiene su inicio en la segmentación de la empresa SEGBA S.A. en tres empresas Distribuidoras y su posterior privatización, comenzando así una nueva etapa en lo que respecta a la Calidad de Servicio que las nuevas empresas deben suministrar a los usuarios.

(1) Ente Nacional Regulador de la Electricidad. Control Contratos de Concesión. Paseo Colón 221 2º Piso. (1063) Buenos Aires. Argentina. T.E. +54-01-331-9647 / 331-4258 FAX: 343-4769.

(2) Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos - Universidad Nacional de La Plata. Calle 48 y 116. (1900) La Plata. Argentina - T.E. +54-021-3-6640 / 3-7017. FAX: 25-0804. E-mail: iitree@volta.ing.unlp.edu.ar

Los Contratos de Concesión de las empresas Concesionadas por el Poder Ejecutivo Nacional establecen tres aspectos fundamentales a controlar en lo que respecta a la Calidad del Servicio Suministrado, quedando a cargo del Ente Nacional Regulador de la Electricidad - ENRE -el Control de los mismos:

- Calidad del Producto Técnico
- Calidad del Servicio Técnico
- Calidad del Servicio Comercial

La Calidad del Producto Técnico suministrado por las empresas Distribuidoras a sus Usuarios se encuentra definida por el Nivel de la Tensión y las Perturbaciones que la contaminan.

La Calidad del Servicio Técnico se refiere al número y duración de las interrupciones, y la Calidad del Servicio Comercial a los tiempos en responder a diversos pedidos de los usuarios como así también a aspectos relacionados con la facturación y la atención comercial.

En particular se hará referencia al primero de los aspectos mencionados, Calidad del Producto Técnico, para cuyo control en los Contratos de Concesión se han previsto las siguientes tres Etapas diferenciadas:

- **Etapa Preliminar**, de un año de duración a partir de la fecha de toma de posesión (1° de setiembre de 1992 - 31 de agosto de 1993), en la cual se efectuó la revisión e implementación de las metodologías de control. No se previeron penalizaciones.
- **Etapa 1**, de tres años de duración (1° de setiembre de 1993 - 31 de agosto de 1996), en la cual se establecen controles de la Calidad del Producto Técnico solo en lo que se refiere al Nivel de Tensión, previéndose la aplicación de sanciones en los casos en que se registren apartamientos a los límites establecidos.
- **Etapa 2**, a partir del 1° de setiembre de 1996, en donde se prevén controles a nivel de usuario tanto en lo que se refiere al Nivel de Tensión como a las Perturbaciones, estableciéndose sanciones en los casos en que se registren apartamientos a los límites establecidos.

En la Etapa 1 se ha previsto el control de los Niveles de Tensión mediante medición en :

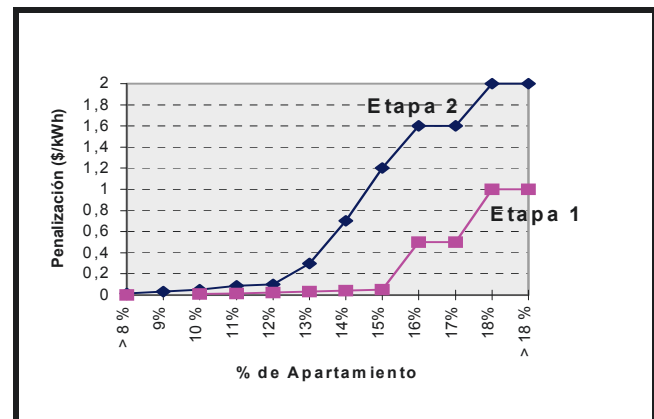
- Totalidad de las Barras de Salida de las Estaciones Transformadoras AT/MT
- 3 % mensual de los Centros de Transformación MT/BT
- 50 Puntos mensuales seleccionados por el ENRE para cada DISTRIBUIDORA.

En caso de detectarse incumplimientos a los límites establecidos las sanciones a aplicar dependen del grado de apartamiento a los mismos, las que una vez determinadas retornan al usuario como una bonificación en su factura por la inadecuada Calidad del Producto Suministrado.

Los valores de tensión admisibles se indican en la siguiente Tabla:

TIPO DE USUARIO/RED	PORCENTAJE DE VARIACION ADMISIBLE	
	ETAPA 1	ETAPA 2
Alta Tensión	± 7 %	± 5 %
Alimentación Aérea MT/BT	± 10 %	± 8 %
Alimentación Subter.MT/BT	± 7 %	± 5 %
Usuarios Rurales	± 13 %	± 10 %

En el gráfico siguiente se indican los valores de penalización por cada unidad de energía entregada en condiciones de mala Calidad para usuarios de la red aérea de Media o Baja Tensión, tanto para la Etapa 1 como para la Etapa 2.



En cuanto al equipamiento de registro del nivel de tensión utilizado, éste ha sido definido en [1].

2.1.- Experiencia en el control de nivel de tensión

A continuación se indica la experiencia de los primeros dos años de control del Producto Técnico suministrado a los usuarios por las empresas EDENOR, EDESUR y EDELAP, en lo que se refiere a las mediciones ordenadas por el ENRE, las realizadas por las empresas y las que resultaron penalizadas.

En la Tabla siguiente se presentan los valores relacionados con la totalidad de las empresas Distribuidoras y en los gráficos la participación de cada una de ellas en las sanciones aplicadas por apartamientos a los límites admisibles.

TOTAL EMPRESAS	ORDENADOS	MEDIDOS	PENALIZADOS	PENALIZACION	Bonificación promedio (*)
Centros 13,2/0,38 kV.	11.922	98 %	6 %	\$ 796.400	\$ 1.140
Puntos	4.119	68 %	54 %	\$ 564.900	\$ 370

(*) Bonificación promedio percibida por los usuarios afectados

El criterio del Organismo Regulador ha sido el de extender el valor de la sanción resultante de cada medición efectuada, en forma proporcional al tiempo transcurrido, hasta

que con una nueva medición se demuestre que el inconveniente ha sido solucionado.

El alto porcentaje de mediciones en los Puntos Seleccionados que resultaron penalizadas se debe a que durante los 3 primeros semestres de control se incluían entre estas los reclamos realizados por los usuarios con inconvenientes en los niveles de tensión, por lo que no pueden considerarse representativas del total del universo de usuarios.

El monto total de las sanciones aplicadas por apartamentos a los límites establecidos en los Contratos de Concesión ha sido del orden de \$ 1,4 Millones y el grado de participación de cada una de las empresas Distribuidoras se indica en el Gráfico 1.

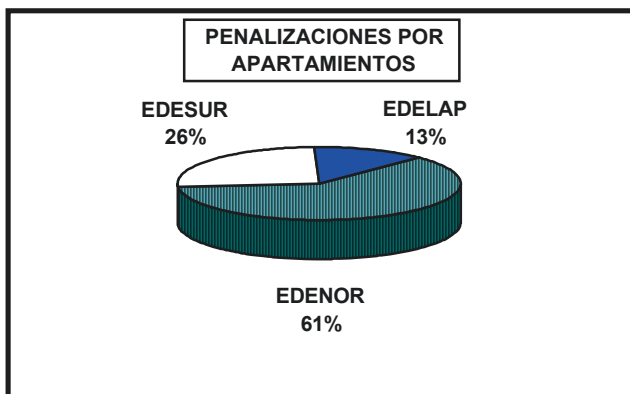


Gráfico 1

Asimismo el Organismo regulador también ha controlado el grado de cumplimiento de las mediciones ordenadas, habiendo aplicado sanciones en los casos en que se ha verificado algún incumplimiento en la realización de las mismas, las que totalizan \$ 2,2 Millones. En el Gráfico 2 adjunto se indica el grado de participación de cada una de las empresas Distribuidoras.

Estos montos se encuentran dentro de lo previsto en los respectivos contratos de concesión, en donde se establecen pautas para la determinación de los máximos a aplicar bajo este concepto, los que resultan actualmente del orden de US\$ 7 Millones para EDENOR S.A. y EDESUR S.A. y US\$ 0,7 Millones para EDELAP S.A.

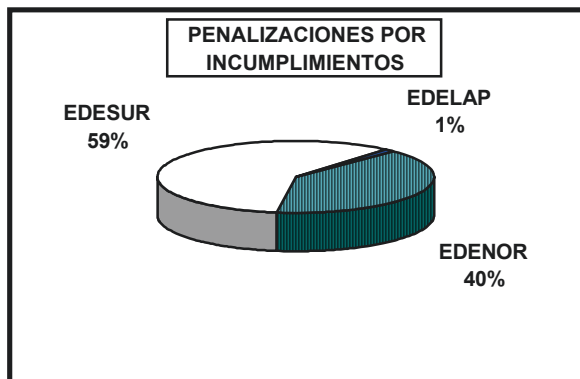


Gráfico 2

Resulta de interés destacar que la evolución de las sanciones aplicadas desde el inicio de los controles tiene en general una tendencia decreciente tal como lo evidencia el

Gráfico 3 adjunto, aún considerando que a las sanciones de cada semestre se le adicionan las correspondientes a las mediciones anteriores cuyos inconvenientes no han sido solucionados, lo que da un indicio que la Calidad del Producto Técnico ha mejorado desde que las empresas privadas se han hecho cargo de la prestación del servicio.

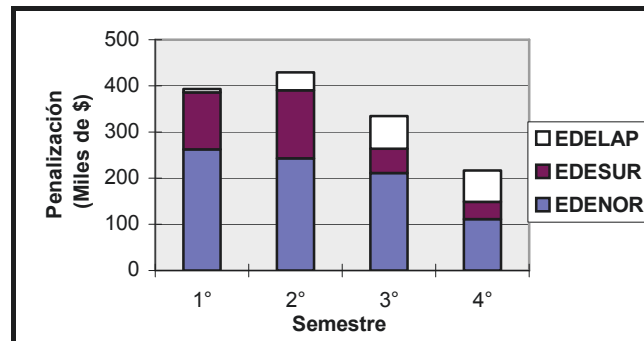


Gráfico 3

2.2.- Perturbaciones [2][3][4][5][6]

Las perturbaciones propias de la tensión deben ser mantenidas dentro de límites tolerables. El requerimiento de control está explicitado en los Contratos de Concesión.

Las Empresas deben acordar con el ENRE los planes de control a adoptar, previéndose la puesta en marcha a partir de setiembre'96.

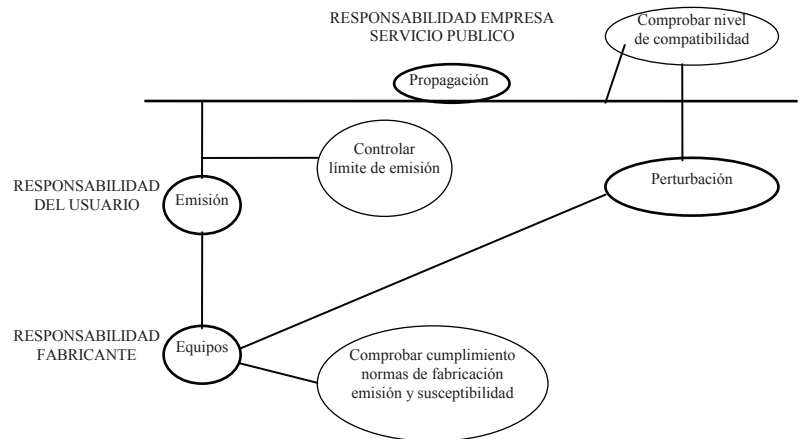
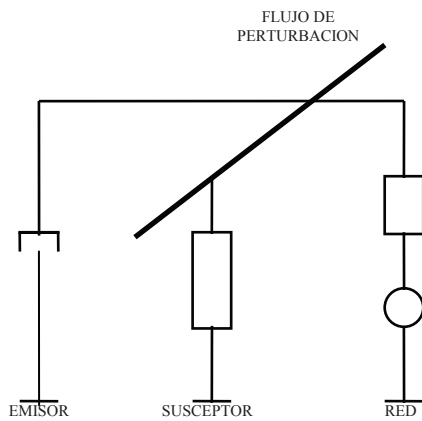
Tipos de perturbaciones a controlar. Serán

- Fluctuaciones de tensión y "flicker".
- Caídas de tensión.
- Armónicas

También se le asigna importancia a otras perturbaciones, tales como:

- Huecos de tensión
- Desequilibrios
- Interarmónicas
- Sobretensiones temporarias y transitorias
- Transmisión de señales en la red
- Presencia de corriente continua
- Variaciones de frecuencia

Responsabilidades. El cumplimiento de niveles de compatibilidad para las diferentes perturbaciones es de naturaleza compleja ya que involucra a los diferentes agentes del sector eléctrico. La figura esquematiza la situación.



Esquema de la compatibilidad electromagnética. Flujo de responsabilidades.

A las compañías prestatarias del servicio público les corresponde mantener las perturbaciones en su red dentro de límites tolerables.

Para lograr cumplir con estos límites, las compañías deberán controlar la emisión desde cargas perturbadoras, en general algunos de sus propios usuarios.

Los fabricantes e instaladores eléctricos deberán asegurar el cumplimiento por parte de sus equipos de los límites de emisión adoptados y, también, del grado de inmunidad ante las perturbaciones.

Los Concesionarios, conjuntamente con el ENRE, deben impulsar el cumplimiento de este flujo de responsabilidades a fin de lograr la requerida compatibilidad electromagnética.

Reglamento de control de perturbaciones. Es el conjunto de reglas que establecen los niveles de referencia de

perturbaciones tolerables en las redes, los métodos de seguimiento y control y las penalizaciones previstas por incumplimiento. Deberán ser cumplidas por las Empresas Concesionarias.

Los niveles de referencia a cumplir son aquellos que deberán ser garantizados en cada puesto de suministro. La probabilidad de transgresión no deberá superar al 5 % en intervalos de una semana.

Se han adoptado niveles de referencia para “flicker” y armónicas.

Para “flicker” el valor adoptado es $Pst = 1,0$ [4] para cualquier punto de suministro, independiente del nivel de tensión (AT, MT o BT).

Para armónicas los valores adoptados dependen del nivel de tensión. Como ejemplo para redes de BT los valores adoptados se dan en la siguiente tabla.

Impares no múltiplos de 3		Impares múltiplos de 3		Pares	
Orden de la armónica (n)	Nivel de referencia de la armónica (en % con respecto a la fundamental)	Orden de la armónica (n)	Nivel de referencia de la armónica (en % con respecto a la fundamental)	Orden de la armónica (n)	Nivel de referencia de la armónica (en % con respecto a la fundamental)
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3,0	21	0,2	8	0,5
17	2,0	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	$0,2+0,5 \times 25/n$				

Tasa de Distorsión Total : TDT 8 %

El control del cumplimiento de los niveles de referencia garantizados se efectuará por mediciones en puntos de suministro de la red. Las Concesionarias pondrán a disposición del ENRE una cierta capacidad de medición. Mensualmente se seleccionarán los puntos a inspeccionar a criterio del ENRE (por ejemplo, reclamos de usuarios).

A partir de setiembre'98 se aplicarán penalizaciones que retornarán como bonificaciones a los usuarios afectados. El cálculo de las penalizaciones será análogo al actualmente

vigente para las transgresiones al rango de tensión admisible. Consistirá en:

- Medir la perturbación objeto de inspección en intervalos cortos y sucesivos (por ejemplo, 10 minutos).
- Medir simultáneamente la energía entregada.
- Comparar el valor de perturbación medido con el de referencia.
- Aplicar una penalización de hasta 2 \$/kWh.
- Calcular la bonificación del intervalo de 10 minutos.
- Integrar a lo largo de una semana.

Las penalizaciones se aplicarán desde entonces continuamente hasta que la Concesionaria demuestre que ha normalizado la situación.

Guía para la conexión de usuarios. Las Concesionarias dispondrán de este documento para limitar las perturbaciones que los usuarios pudieran inyectar en las redes.

Todo usuario, que por sus características la Concesionaria considere como presunto perturbador, deberá cumplimentar un cuestionario referido a: datos eléctricos básicos, perturbaciones que pudieran transmitir, ciclo de trabajo, contramedidas previstas en la instalación y normas que cumple el equipamiento. Complementariamente, la Concesionaria deberá poner a disposición del usuario aquellos datos de la red de suministro que sean necesarios para el proyecto eléctrico.

La Concesionaria podrá inspeccionar a sus usuarios para verificar el cumplimiento de los límites de emisión vigentes. Las mediciones deberán ser al menos de 1 semana de duración y el nivel de emisión representativo será aquel con probabilidad no mayor al 5 % de ser superado.

Se prevé la aplicación de multas y facturación de costos de medición por parte de las DISTRIBUIDORAS a los usuarios que transgredan los límites impuestos.

Control de Emisión/Susceptibilidad de equipos e instalaciones. El escenario completo de compatibilidad ante perturbaciones incluye a las DISTRIBUIDORAS y sus relaciones con los usuarios (Reglamento y Guía de Conexión) pero, también, a los fabricantes de equipamiento eléctrico. Le corresponde a las Concesionarias y al ENRE promover la adopción de normas de calidad en la fabricación que aseguren al usuario que tales equipos e instalaciones le permitan cumplir con la emisión que les fijará la Concesionaria.

Plan Piloto de medición de perturbaciones [7]. Entre enero y agosto de 1996 el ENRE dispuso la realización de campañas de medición de perturbaciones en la red

metropolitana. Fueron ejecutadas por el IITREE-LAT de la Universidad Nacional de La Plata y tuvieron por objeto optimizar el reglamento y el plan de control a poner en marcha a partir de setiembre '96.

Las campañas realizadas son:

- A) Mediciones de armónicas en usuarios PD (< 10 kW) y MD (< 50 kW). Mediciones de perturbaciones en general en subestaciones de AT/MT.
- B) Mediciones de armónicas y "flicker" en centros de transformación MT/BT.
- C) Mediciones de perturbaciones en usuarios GD (> 50 kW).
- D) Mediciones de "flicker", en diversos puntos.

A la fecha de redacción de este informe las campañas B, C, D y E se encuentran en ejecución.

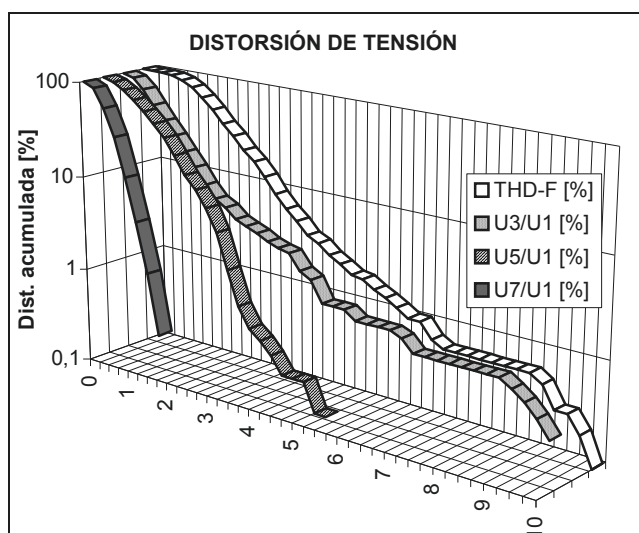
A) Campaña de medición de armónicas en usuarios pequeños y medianos.

Tuvo por objeto obtener información: i) del grado de contaminación armónica de la tensión en los puntos de suministro. ii) del nivel de emisión armónica desde los usuarios hacia la red (corrientes armónicas).

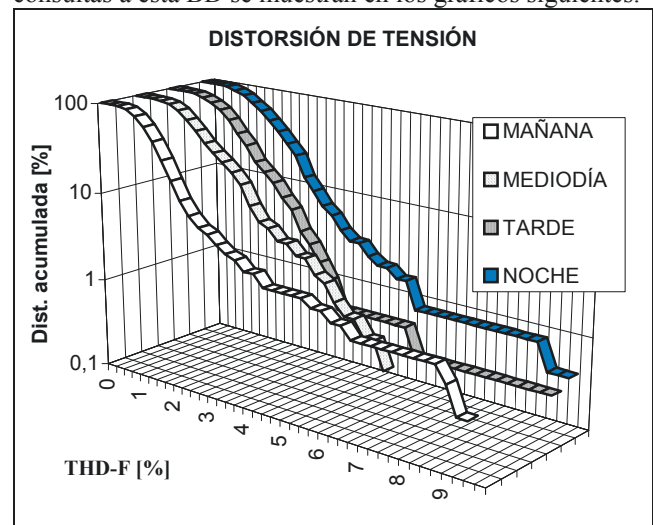
Durante los meses de enero y febrero '96 se realizaron 1500 mediciones, suficientemente dispersas en toda el área de concesión (14.000 Km², con 5.000.000 de usuarios). Las mediciones se realizaron con equipos de mano que registran tensión y corriente simultáneamente, calculan los parámetros eléctricos básicos (U, I, P, FP) y el contenido armónico hasta la 31^a. La información se vuelca a una PC portátil.

La modalidad de medición fue de exploración del consumo durante aproximadamente 15' y registro único. Esta modalidad permitió -con empeño razonable- medir una gran cantidad de puntos, los que eran necesarios para la toma de decisión respecto al plan de control definitivo.

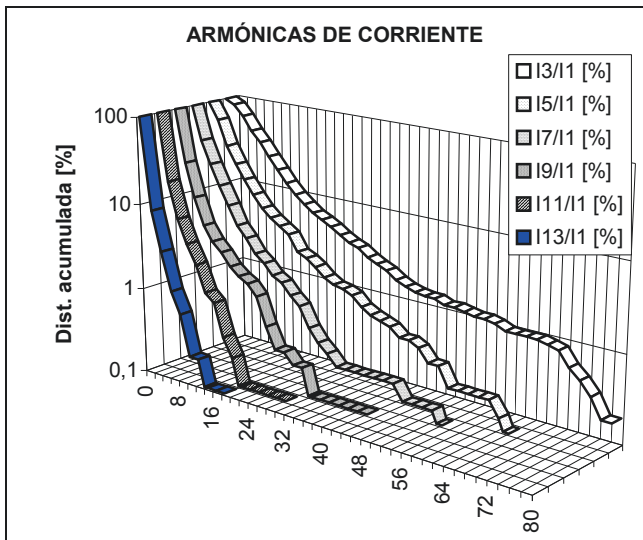
Con la información se formó una base de datos. Algunas consultas a esta BD se muestran en los gráficos siguientes.



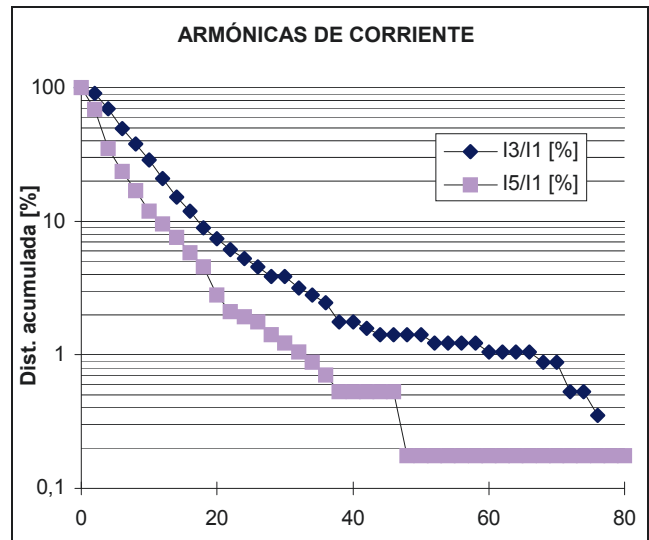
Estadística de 1000 mediciones.



250 Mediciones en cada banda horaria



1500 mediciones de usuarios pequeños y medianos.



600 mediciones de usuarios con $FP > 0,75$ e $I > 1$ A.

Conclusiones de la Campaña A

- El nivel de distorsión de tensión encontrable en la gran mayoría de los puntos de la red explorados cumple con los niveles de referencia previstos.
- Por lo tanto, es factible adoptar directamente los límites internacionalmente aconsejados, sin necesidad de establecer un plan de límites decrecientes a lo largo del tiempo y tendientes a aquéllos, de compleja realización.
- No se evidencia la necesidad de establecer un plan de control masivo. Este deberá orientarse a la detección de anomalías, permitiendo mejorar la calidad general con recursos optimizados.

REFERENCIAS

- [1] - C. Guidi, P. Issouribehere, J. Riubrugent. "Power System Electromagnetic Compatibility in Argentina: An Issue of the Power Quality Assesment". CIGRE. Study Committee 36 Colloquium and Meetings. May. 21-27, 1995, Foz do Iguacu, Brasil.
- [2] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 1: General. Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms". IEC 1000-1-1 (1992).
- [3] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part. 2: Environment. Section 1: Description of the environment. Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems". IEC 1000-2-1. Technical Report (1990).
- [4] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 2. Environment. Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems". IEC 1000-2-2 (1990).
- [5] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected there to". IEC 1000-4-7. (1991).
- [6] - IEC. "Flickermeter. Functional and design specifications". IEC 868 (1986). Amendment N° 1 (1990).
- [7] - IITREE-ENRE. "Campaña de medición de armónicas en puntos de suministro en BT (Pequeñas y medianas demandas) de la red de distribución eléctrica del área metropolitana. 1996". ENR 059. Marzo 1996.

