



# LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Prof., Dr., Ing. Manuel F Cobas Pereira  
INEL/UNE

Fac. Ing. Elect. ISPJAE

# La electricidad como forma de energía

- En el Complejo Energía-Combustible la forma de energía más versátil es, indudablemente, **la energía eléctrica**, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión, de manera relativamente sencilla, a otros tipos de energía. A ello es preciso agregar la facilidad de su transportación económica a grandes distancias y en grandes bloques, todo lo que le ha dado, desde la época de su primera implementación práctica, una preferencia indiscutible y un lugar sin competencia en la vida que llamamos moderna.

# ¿Qué parámetros se incluyen en el concepto de Calidad?:

- Confiabilidad del servicio
- Desviaciones de la frecuencia
- Desviaciones y fluctuaciones tensión
  - Desviaciones de la tensión nominal o de trabajo
  - Fluctuaciones rápidas de la tensión (flicker)
  - Modulaciones en la onda de tensión
  - Sobretensiones
- Distorsión de la onda de tensión y corriente
  - Contenido de armónicos superiores en las ondas de tensión y corriente
- Asimetría de las tensiones trifásicas



# ¿Qué parámetros se incluyen en el concepto de Calidad?:

En lo referido a las perturbaciones de la tensión:

- Depresión, “bajón” de tensión (dip) es una reducción repentina seguida por una recuperación después de un corto período de tiempo (desde unos pocos ciclos hasta unos pocos segundos).
- El bajón de tensión se caracteriza por el valor rms debajo de determinado umbral que generalmente se toma como 90% de la tensión de referencia  $U_{ref}$  parametrizándose por la profundidad del bajón de tensión  $\Delta U$  y por la duración de éste  $\Delta t$ .

# ¿Qué parámetros se incluyen en el concepto de Calidad?:

- Las interrupciones de tensión es el bajón para 1-10% de  $U_{ref}$  y se caracterizan sólo por la duración.
- Las perturbaciones de tensión son consideradas:
  - $\Delta t < T/2$  transitorias
  - $T/2 < \Delta t < 30T$  instantáneas
  - $30T < \Delta t < 3 \text{ s}$  momentáneas
  - $3 \text{ s} < \Delta t < 1 \text{ min}$  temporales
  - $\Delta t > 1 \text{ min}$  sostenida

# ¿Por qué la importancia de este tema en la actualidad?

- La sociedad y la industria actual poseen una penetración de altísimo grado en cuanto a equipamiento electrónico de diversas generaciones, vinculados al control de procesos, accionamiento, procesamiento de datos, comunicaciones y transmisión de información, dispositivos domésticos, comerciales y de entretenimiento entre otros
- Los fabricantes de este equipamiento, en un mercado competitivo, diseñan el burden de sus equipos en el nivel de los normados por el sistema, de manera que las desviaciones dentro de esos límites no afectan el funcionamiento.

# ¿Por qué la importancia de este tema en la actualidad?

- El uso extendido y progresivo de fuentes alternativas de energía no convencional, como la eólica y la solar, usualmente utilizan generadores con inversores, esquemas híbridos en muchos casos conectados a las redes de distribución. El proceso de conversión de cd a ac conlleva la generación de armónicos.
- En el mundo la electricidad se trata como una mercancía en un mercado con características peculiares, desde los centralizados hasta los desregulados, por ello, la definición de parámetros de calidad permiten determinar las características de competitividad del producto de determinado suministrador.

## ¿Por qué la importancia de este tema en la actualidad?

- Una insuficiente calidad en el suministro de la energía eléctrica afecta, en mayor o menor grado, a otras tecnologías y procesos industriales, donde las pérdidas económicas que se generan por este concepto pueden llegar a ser importantes.
- La deficiente calidad en el suministro provoca una operación ineficiente e impropia, entre otros, en las redes eléctricas, conducente a averías o incremento en los costos de operación, los que, al final, redundan en pérdidas para las compañías del servicio eléctrico.





# Algunas de las implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- Con parámetros de tensión diferentes a los nominales o de trabajo ocurre la aceleración del envejecimiento del aislamiento de los equipos eléctricos, como consecuencia de un calentamiento más intensivo y, en una serie de casos como resultado del reforzamiento de procesos de ionización. De aquí se deriva una intensificación de las tasas de averías.
- Las desviaciones de tensión conllevan a un aumento del calentamiento de motores eléctricos con momentos constantes de carga (carga tipo transportador, elevador etc.), acelerando el envejecimiento del aislamiento.
- La elevación de la tensión por encima de la nominal conlleva a la disminución del tiempo de vida útil de lámparas

- La asimetría en la tensión también conlleva al calentamiento adicional del equipamiento de fuerza y disminuye su vida útil. Este defecto también influye negativamente en el funcionamiento de algunos esquemas de protecciones por relés, provocando operaciones erráticas y sacando de funcionamiento equipos.
- La aparición de variaciones rápidas en la asimetría de las tensiones trifásicas, características en circuitos donde están conectados hornos de acero por arco eléctrico, conllevan a la variación de los momentos de torque en los motores eléctricos, lo que es causa de aparición de esfuerzos adicionales en las cabezas de las bobinas de las máquinas, su vibración y tensiones de fatiga en elementos mecánicos constructivos del propio motor y el accionamiento, lo que trae como resultado una disminución de su tiempo de vida.

# Implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- Las variaciones de la tensión actúan de diferente manera en los distintos tipos de equipamiento eléctrico. Por ejemplo, en las baterías de condensadores utilizados para la compensación de potencia reactiva provoca procesos transitorios que conducen a la sobrecarga de los condensadores por corriente y en casos por tensión, como resultado de lo cual la batería puede salir de servicio en un período, a veces, significativamente rápido en dependencia de la magnitud de la perturbación.
- En el caso de los motores las variaciones de tensión conducen al calentamiento adicional y a la variación del momento al eje. Los bajones de tensión para los motores asíncronos tienden a frenarlos y a procesos de re arranques, pudiendo llegar a situaciones de disparo de protecciones, sobretodo, cuando trabajan simultáneamente grupos de motores.

# Implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- La presencia de armónicos superiores conducen a la aceleración del envejecimiento del aislamiento, al calentamiento adicional de las partes conductoras de los equipos e instalaciones, al incremento de las pérdidas de energía en las redes, a la operación errática de los esquemas de protecciones eléctricas, al envejecimiento acelerado de las baterías de condensadores provocando su fallo, etc.
- La presencia de armónicos superiores también implican el aumento de las pérdidas parásitas e histerésicas en los núcleos de motores y transformadores, tanto del sistema eléctrico como de los propios consumidores. De igual manera crean interferencias en los servicios de comunicaciones y transmisión de datos.

# Implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- La práctica ha demostrado el incremento del error en las lecturas de metros contadores de energía del tipo de inducción ante la presencia de armónicos, además de daños mecánicos producidos por los armónicos de orden  $3n+2$  cuando estos son significativos, lo que recomienda la no utilización de este tipo de metro en redes o consumidores contaminados.
- La reducción de la frecuencia conduce a una disminución de la productividad de los accionamientos eléctricos, al trabajo inestable de equipos electrónicos, de mediciones y de sistemas de protecciones. En las centrales termoeléctricas tiene también influencia en las vibraciones de las turbinas, las que tienen bandas estrictas de variaciones admisibles de este parámetro.

# Implicaciones de las deficiencias en la calidad del suministro eléctrico

- La experiencia de los sistemas industriales ha demostrado una dependencia entre la disminución de la confiabilidad y la disminución de los parámetros de calidad del suministro eléctrico.
- La disminución de la tensión en determinados niveles trae como consecuencia el aumento de las demandas de potencia reactiva de los equipos eléctricos, esto conduce al aumento de las pérdidas de energía en las redes y al empeoramiento progresivo de las condiciones de tensión.
- La presencia de armónicos superiores en los sistemas implica el aumento de pérdidas en las líneas y la aparición de posibles condiciones de resonancia que provocan sobretensiones permanentes y transitorias en eventos de conmutación.

| Equipamiento  | Depresiones de tensión |       | Sobretensiones | Armónicos | Desbalance | Fluctuaciones de tensión |
|---|------------------------|-------|----------------|-----------|------------|--------------------------|
|   | <0.5s                  | >0.5s |                |           |            |                          |
| <i>Motores asincrónicos</i>                                     |                        |       |                |           |            |                          |
| <i>Motores sincrónicos</i>                                      |                        |       |                |           |            |                          |
| <i>Actuadores</i>   |                        |       |                |           |            |                          |
| <i>Accionamiento de velocidad</i>                               |                        |       |                |           |            |                          |
| <i>Dispositivos de procesamiento de datos, control numérico</i> |                        |       |                |           |            |                          |

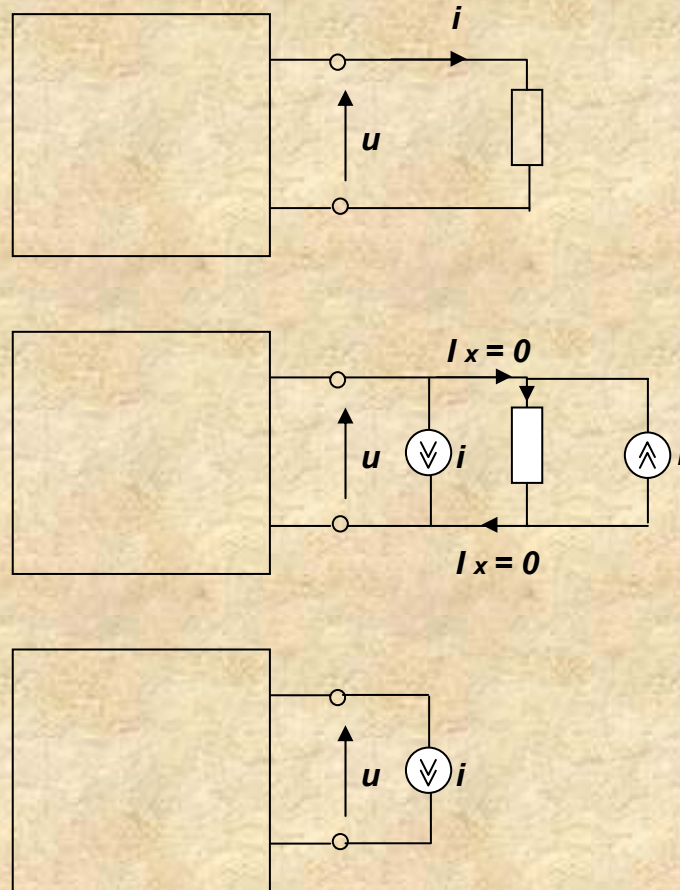
| Equipamiento                 | Depresiones de tensión<br><0.5s >0.5s |  | Sobretensiones | Armónicos | Desbalance | Fluctuaciones de tensión |
|------------------------------|---------------------------------------|--|----------------|-----------|------------|--------------------------|
|                              |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Hornos de inducción</i>   |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Iluminación</i>           |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Bancos de capacitores</i> |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Transformadores</i>       |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Inversores</i>            |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Interruptor</i>           |                                       |  |                |           |            |                          |
| <i>Cables</i>                |                                       |  |                |           |            |                          |



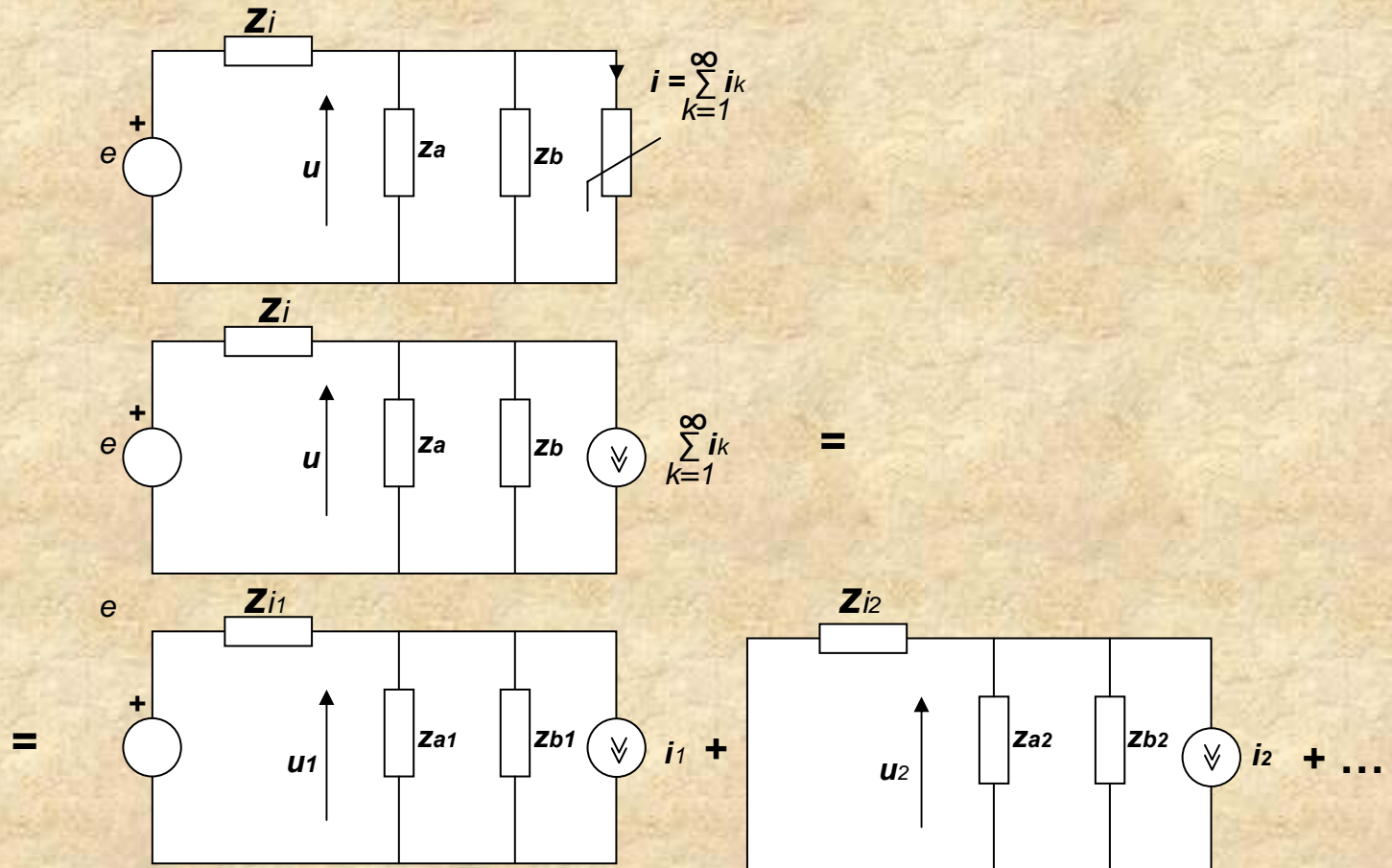
## Consumidores contaminantes de la red

- Existen consumidores altamente contaminantes de la red, al tener equipos, en muchos casos de envergadura, que significan cargas alineales grandes generadoras de armónicos, tales son los casos de los hornos de fundición por arco eléctrico, los equipos de soldadura por arco, los equipos numéricos, los equipos de cómputo, los laminadores, etc.
- Las fuentes alternativas de energía no convencional, como la eólica y la solar, usualmente utilizan generadores con inversores, esquemas híbridos en muchos casos conectados a las redes de distribución. El proceso de conversión de cd a ac conlleva la generación de armónicos.

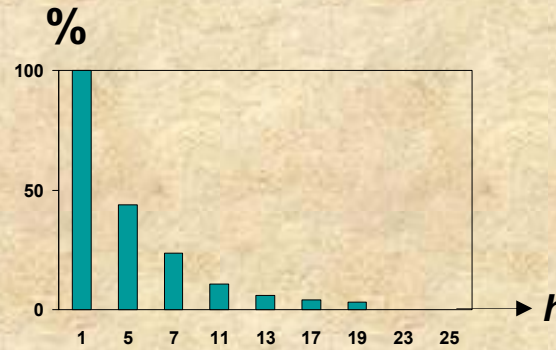
# Por qué las cargas alineales son contaminantes de la red eléctrica?



# Por qué las cargas alineales son contaminantes de la red eléctrica?



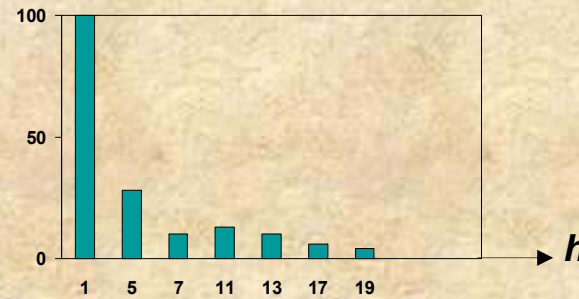
**Accionamiento de  
velocidad variable**



**THD**

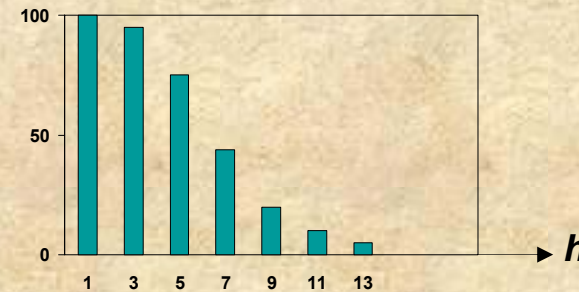
**44%**

**Rectificadores/cargadores**



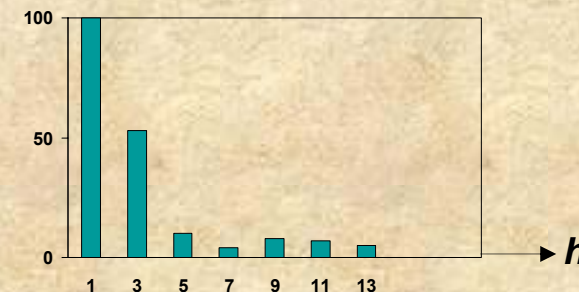
**28%**

**Dispositivos de  
procesamiento de datos**



**115%**

**Iluminación  
fluorescente**



**53%**

# Contaminantes de la red con las perturbaciones de la tensión

- Situaciones que conllevan a altas corrientes, causando caídas de tensión en las impedancias de la red.
- Fallas en los circuitos de transmisión y distribución.
- Recierres automáticos en los esquemas de protecciones de la red.
- Conexión y desconexión de grandes cargas ( motores asíncronos, hornos por arco eléctrico, máquinas de soldar, calderas eléctricas, etc) en función de las potencias de cortocircuito en los puntos de instalación.
- Fallas del aislamiento.
- Condiciones de ferresonancia.
- Fallas longitudinales en el del neutro de los sistemas.
- Sobrecompensación de potencia reactiva
- Conmutaciones en los sistemas de transmisión y distribución.
- Descargas atmosféricas (impactos directos e inducidos).



# Responsabilidad en el aseguramiento de la calidad del Servicio Electrico

22

- El papel principal en la calidad del servicio eléctrico recae, por supuesto, en la empresa del servicio público, la que debe mantener los parámetros de tensión y frecuencia en los valores nominales o de trabajo en todo momento, pero tienen una incidencia muy importante los propios consumidores, causantes de contaminación de la red, desde los consumidores del sector residencial hasta los grandes consumidores industriales.
- La contaminación del sector residencial hacia la red es fundamentalmente de carácter extensivo, pues el peso relativo de un solo consumidor es insignificante.

# Indicadores de la Calidad de la Energía y su cálculo

Desviación de la tensión (fluctuación lenta)

$$\Delta U = \frac{U - U_{\text{nom}}}{U_{\text{nom}}} * 100$$

Fluctuación rápida de tensión (parpadeo, flicker)

$$P_{\text{st}} = (0.0314 P_{0.1} + 0.0525 P_1 + 0.0657 P_3 + 0.28 P_{10} + 0.08 P_{50})^{1/2}$$

Pst Índice de severidad del flicker de corta duración

$P_{0.1}$ ,  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_{10}$ ,  $P_{50}$  niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación

# Indicadores de la Calidad de la Energía y su cálculo

- Bajón de tensión  
por debajo del 90% del  $U_{ref}$  caracterizado por la magnitud efectiva y la duración
  - $\Delta t < T/2$  transitorias
  - $T/2 < \Delta t < 30T$  instantáneas
  - $30T < \Delta t < 3 \text{ s}$  momentáneas
  - $3 \text{ s} < \Delta t < 1 \text{ min}$  temporales
  - $\Delta t > 1 \text{ min}$  sostenida



# Indicadores de la Calidad de la Energía y su cálculo

Distorsión de la onda de tensión (o corriente)

$$V_i' = \frac{V_i}{V_{nom}} * 100 \quad \text{valor porcentual de la tensión del armónico } i$$

$$Thd = \left( \frac{\sum (V_i)^2}{V_{nom}^2} \right)^{1/2} \quad \text{distorsión total de armónicos}$$

$V_i$  valor efectivo de los armónicos superiores

# Indicadores de la Calidad de la Energía y su cálculo

Asimetría de la tensión

$$K_2 = 100 * U_2 / U_1 \quad \text{coeficiente de secuencia negativa}$$

$$U_1 = 0.33 ( U_{ab} + U_{bc} + U_{ca} )$$

$$U_2 = 0.62 ( U_{dmax} - U_{dmin} )$$

$U_{dmax}$  y  $U_{dmin}$  mayor y menor desbalance entre las magnitudes de tensión

$$K_0 = 173 U_0 / U_1 \quad \text{coeficiente de secuencia cero}$$

# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

**En Cuba:**

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| <b>Normal</b> | <b>+ 0.2 ; - 0.3 Hz</b> |
| <b>Máximo</b> | <b>+0.4 ; - 0.4 Hz</b>  |

**Las desviaciones de tensión: +10% ; - 10%**

# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

Las normas establecidas por el IEC al respecto son:

IEC 60050-161

IEC 61000-2-1

IEC 61000-3-2

IEC 61000-3-6

IEC 61000-3-7

IEC 61000-4-7

IEC 61000-4-13

IEC 61287-2-TS

IEC 61642

IEC 61786

# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

En ella se han considerado los siguientes fenómenos perturbadores:

- Armónicos
- Interarmónicos
- Fluctuaciones de tensión
- Caídas de voltajes e interrupciones cortas del suministro
- Desbalances de tensión
- Señales principales
- Variaciones de frecuencia
- Componentes de cd en los sistemas de ca

# Nivel de calidad del suministro eléctrico

- La IEC 60050-161 establece como **compatibilidad electromagnética**, a la habilidad de un equipo o sistema de funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables a nadie en ese entorno.
- Una vía de asegurar los niveles de compatibilidad es especificar los límites de emisiones del usuario con suficiente margen por debajo de los niveles de compatibilidad, lo que es posible en las instalaciones grandes según IEC 61000-3-6 e IEC 61000-3-7.
- En baja tensión se establecen límites de emisión para familias de equipos (IEC 61000-3-2)

# Nivel de calidad del suministro eléctrico

- A partir de los niveles de inmunidad del equipamiento se pueden esperar niveles apropiados de comportamiento del sistema a perturbaciones en diferentes clases de entornos electromagnéticos, como por ejemplo podría ser, sólo con propósitos indicativos (no como norma):

| Perturbación                             | Clase1   | Clase2   | Clase3     |
|--|----------|----------|------------|
| Variación de tensión $\Delta U/U_n$      | + - 8%   | + - 10%  | +10% - 15% |
| Bajón de tensión                         |          |          |            |
| $\Delta U/U_n$                           | 10%-100% | 10%-100% | 10%-100%   |
| $\Delta t$ (cantidad de semiciclos)      | 1        | 1-300    | 1-300      |
| Interrupciones cortas                    | ninguna  | -        | $\leq 60$  |
| Desbalances ( $U_2/U_1$ )                | 2%       | 2%       | 3%         |
| Variaciones de frecuencia $\Delta f/f_n$ | + - 1%   | + - 1%   | + - 2%     |

# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía Eléctrica

Es muy utilizada la norma IEEE-519-92 que referentes a la emisión de armónicos de tensión establece las siguientes prescripciones:

|             | Distorsión de tensión de la tensión en los Armónicos individuales, % | Distorsión total thd, % |
|-------------|--|-------------------------|
| Hasta 69 kV | 3.0  | 5.0                     |
| 69-161 kV   | 1.5  | 2.5                     |
| Más de      | 1.0  | 1.5                     |

Para bajas tensiones se establecen valores normativos mayores que los arriba indicados, siendo los valores máximos del thd hasta 1 kV de 6% para los impares y 3% para los pares.



# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía

La distorsión de corrientes en sistemas de transmisión > 161 kV , la citada norma los estipula de la siguiente manera:

| Icc/lcarga | Número de orden de los armónicos individuales |         |         |         |      | thd  |
|------------|---|---------|---------|---------|------|------|
|            | <11   | 11<h<17 | 17<h<23 | 23<h<35 | 35<h |      |
| <50        | 2.0   | 1.0     | 0.75    | 0.3     | 0.15 | 2.5  |
| >50        | 3.0   | 1.5     | 1.15    | 0.45    | 0.22 | 3.75 |

Nota: los armónicos pares se limitan al 25% de los impares

En el caso de  $K_2$  y  $K_0$  se establecen los valores de 2% como normal y 4% como máximo para ambos en cualquier nivel de tensión

# Normas para valorar la Calidad del Suministro de Energía

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD   | TOLERANCIA $ V_n' $ o $ THD' $<br>(% respecto al voltaje nominal del punto de medición) |                                       |
|----------------------------------|---|---------------------------------------|
|                                  | V > 40 kV<br>(otros puntos)   | V ≤ 40 kV<br>(trafos de distribución) |
| <b>Impares no múltiplos de 3</b> |   |                                       |
| 5                                | 2.0   | 6.0                                   |
| 7                                | 2.0   | 5.0                                   |
| 11                               | 1.5   | 3.5                                   |
| 13                               | 1.5   | 3.0                                   |
| 17                               | 1.0   | 2.0                                   |
| 19                               | 1.0   | 1.5                                   |
| 23                               | 0.7   | 1.5                                   |
| 25                               | 0.7   | 1.5                                   |
| > 25                             | $0.1 + 0.6*25/n$  | $0.2 + 1.3*25/n$                      |
| <b>Impares múltiplos de tres</b> |   |                                       |
| 3                                | 1.5   | 5.0                                   |
| 9                                | 1.0   | 1.5                                   |
| 15                               | 0.3   | 0.3                                   |
| 21                               | 0.2   | 0.2                                   |
| Mayores de 21                    | 0.2   | 0.2                                   |
| <b>Pares</b>                     |   |                                       |
| 2                                | 1.5   | 2.0                                   |
| 4                                | 1.0   | 1.0                                   |
| 6                                | 0.5   | 0.5                                   |
| 8                                | 0.2   | 0.5                                   |
| 10                               | 0.2   | 0.5                                   |
| 12                               | 0.2   | 0.2                                   |
| Mayores a 12                     | 0.2   | 0.5                                   |
| <b>THD</b>                       | <b>3</b>  | <b>8</b>                              |



# Acciones para mejorar la Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica

- una dirección importante en la regulación de la calidad de la energía se realiza en el propio consumidor
  - las variaciones de carga que provocan grandes afectaciones en los sistemas radican en los propios consumidores, estas variaciones afectan el comportamiento de todo el sistema y, en especial, del resto de las cargas conectadas en la barra del mismo consumidor.
  - el punto donde se logra mayor economía en la implementación de medidas para mejorar la calidad del servicio es en las barras del usuario

## **Acciones para mejorar la Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica**

De tal manera se precisa de una compensación adecuada de la carga reactiva del consumidor, para lo cual ha de disponerse por parte de éste de los bancos de capacitares requeridos, con el sistema de regulación adecuada para lograr un alto factor de potencia estable que, cuando la carga varía en un amplio margen, se requiere de bancos regulados.

La práctica actual en estos casos es el empleo de SVC

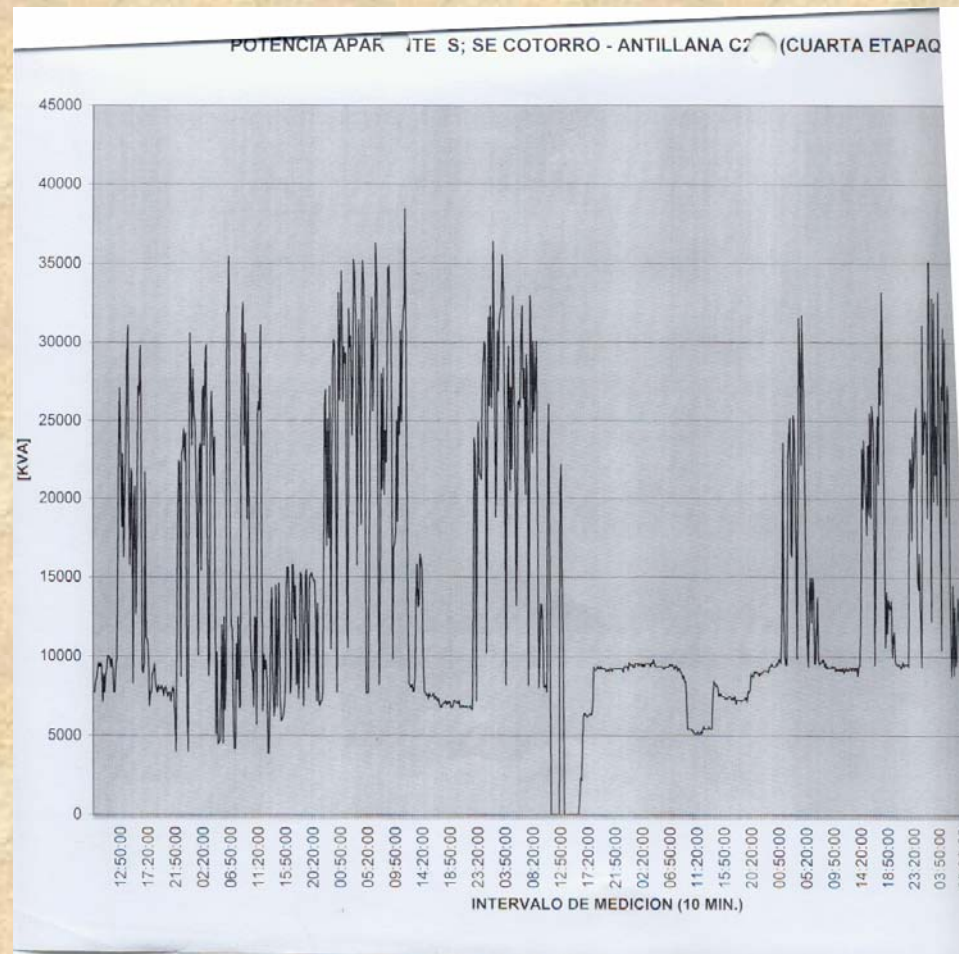
# Control sobre los parámetros de calidad

Los órganos regulatorios de los países establecen diferentes regulaciones y normas para la actividad del control de las empresas del servicio eléctrico sobre los parámetros de calidad de la energía suministrada. Estas normas estipulan las bases estadísticas que se deben llevar, la forma de hacer las mediciones y muestreos, los instrumentos que deben ser utilizados en ese propósito y el análisis sobre las desviaciones estadísticas, de manera tal que sirvan de base a las auditorías que aquellos realizan y, además, que puedan servir como base de evidencias ante distintas reclamaciones de las partes protagonistas del servicio eléctrico en cada país.

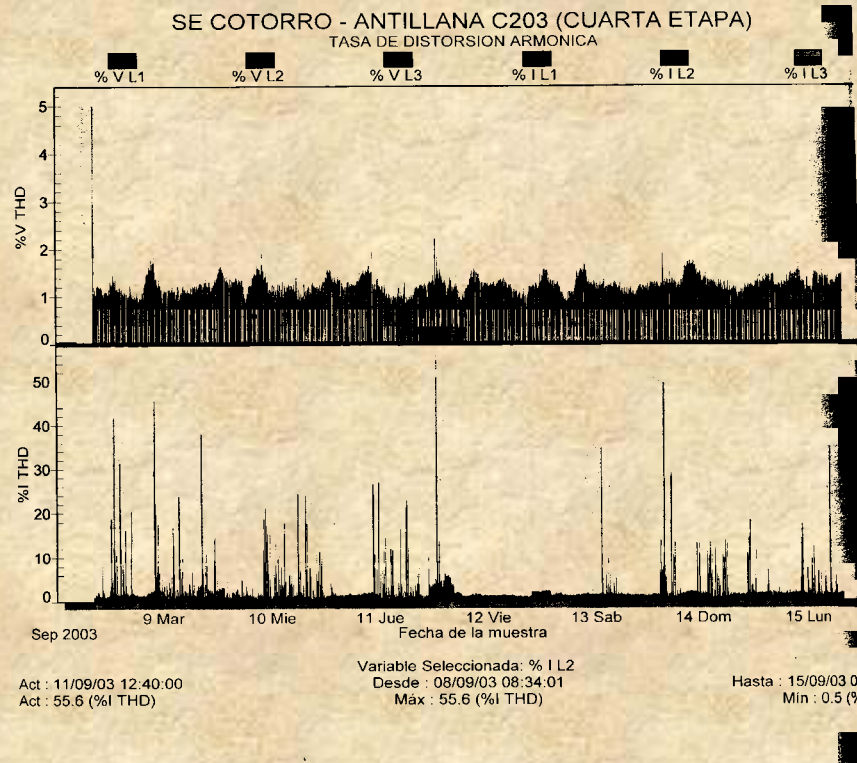
# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba

- El marco regulatorio del país en cuanto al Sistema Electroenergético Nacional está en actual revisión
- No existe una plena conciencia en productores, distribuidores y consumidores sobre la importancia extrema de darle un seguimiento, control y estipulaciones rígidas a este tema.
- Puede realmente decirse que hoy día la calidad en la energía suministrada es deficiente y en ello inciden tanto los productores y distribuidores
- Algunos consumidores son especialmente contaminantes en grado superlativo, con grandes afectaciones al sistema, al resto de los consumidores y a él mismo

# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba



# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba





# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba

SE COTORRO - ANTILLANA C203 (CUARTA ETAPA)

|          |          |     |     |     |      |      |      |
|----------|----------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 14/09/03 | 17:50:00 | 1   | 1.1 | 1.2 | 1.1  | 1.7  | 1.4  |
| 14/09/03 | 18:00:00 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.2  | 1.5  | 1.3  |
| 14/09/03 | 18:10:00 | 1.2 | 1.4 | 1.3 | 1.3  | 1.7  | 1.2  |
| 14/09/03 | 18:20:00 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2  | 1.7  | 1.3  |
| 14/09/03 | 18:30:00 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.2  | 1.6  | 1.3  |
| 14/09/03 | 18:40:00 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.2  | 1.7  | 1.4  |
| 14/09/03 | 18:50:00 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1    | 1.9  | 1.5  |
| 14/09/03 | 19:00:00 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 2.2  | 2.1  | 2    |
| 14/09/03 | 19:10:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.6  | 2    | 1.5  |
| 14/09/03 | 19:20:00 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.2  | 1.6  | 1.3  |
| 14/09/03 | 19:30:00 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.5  | 2.5  | 1.7  |
| 14/09/03 | 19:40:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 2.4  | 1.8  | 2    |
| 14/09/03 | 19:50:00 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3  | 1.8  | 1.5  |
| 14/09/03 | 20:00:00 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3  | 1.4  | 1.7  |
| 14/09/03 | 20:10:00 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6  | 2    | 1.7  |
| 14/09/03 | 20:20:00 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.5  | 1.9  | 1.9  |
| 14/09/03 | 20:30:00 | 1.3 | 1.5 | 1.4 | 1.2  | 2.5  | 1.9  |
| 14/09/03 | 20:40:00 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.4  | 1.7  | 1.6  |
| 14/09/03 | 20:50:00 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.5  | 1.9  | 1.5  |
| 14/09/03 | 21:00:00 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 2.4  | 1.7  | 2.1  |
| 14/09/03 | 21:10:00 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.6  | 2    | 1.7  |
| 14/09/03 | 21:20:00 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.6  | 1.9  | 1.7  |
| 14/09/03 | 21:30:00 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.7  | 1.9  | 1.8  |
| 14/09/03 | 21:40:00 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 1.6  | 1.9  | 1.8  |
| 14/09/03 | 21:50:00 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6  | 2.1  | 1.7  |
| 14/09/03 | 22:00:00 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.5  | 2.1  | 1.8  |
| 14/09/03 | 22:10:00 | 1.4 | 1.7 | 1.3 | 5.3  | 2.3  | 3.5  |
| 14/09/03 | 22:20:00 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 14.1 | 8.9  | 12.6 |
| 14/09/03 | 22:30:00 | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 10.5 | 16.2 | 17.3 |
| 14/09/03 | 22:40:00 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 9    | 16.8 | 4.2  |
| 14/09/03 | 22:50:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 5.5  | 9.4  | 4.4  |
| 14/09/03 | 23:00:00 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2  | 1.7  | 1.8  |
| 14/09/03 | 23:10:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1  | 1.8  | 1.5  |
| 14/09/03 | 23:20:00 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1  | 1.8  | 1.7  |
| 14/09/03 | 23:30:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2  | 1.8  | 1.5  |
| 14/09/03 | 23:40:00 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2  | 1.6  | 1.4  |
| 14/09/03 | 23:50:00 | 1.1 | 1.1 | 1   | 7.4  | 7.6  | 4.7  |
| 15/09/03 | 00:00:00 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 2.5  | 4.4  | 4.6  |
| 15/09/03 | 00:10:00 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 2.8  | 2    | 2.1  |
| 15/09/03 | 00:20:00 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.6  | 2.1  | 1.7  |
| 15/09/03 | 00:30:00 | 1.1 | 1.2 | 1   | 2.7  | 2.1  | 2.4  |
| 15/09/03 | 00:40:00 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.2  | 1.9  | 1.5  |
| 15/09/03 | 00:50:00 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 8.2  | 9.7  | 7.5  |
| 15/09/03 | 01:00:00 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 2.7  | 1.7  | 7    |

# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba

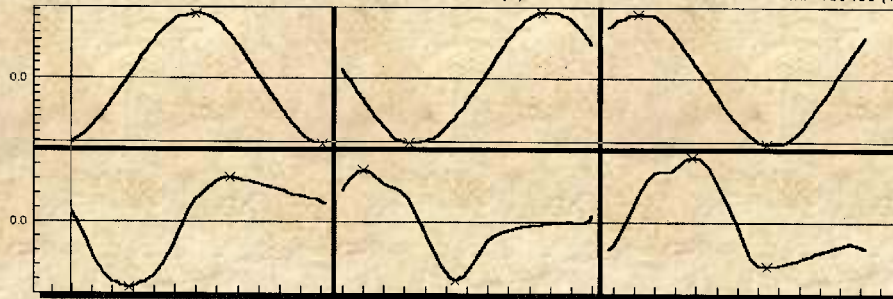
FORMA DE ONDA (ANTIC203.A5I)

11/09/03 12:40:00

Vn F1: 117884 (V)  
 THD: 1.8 %  
 Máx: 165000 (V)  
 Mín: -165000 (V)

Vn F2: 120484 (V)  
 THD: 2.2 %  
 Máx: 169400 (V)  
 Mín: -165000 (V)

Vn F3: 120315 (V)  
 THD: 2.2 %  
 Máx: 167200 (V)  
 Mín: -169400 (V)



In F1: 91.172 (A)  
 THD: 31.9 %  
 Máx: 109.280 (A)  
 Mín: -161.760 (A)

In F2: 43.531 (A)  
 THD: 55.6 %  
 Máx: 89.280 (A)  
 Mín: -101.440 (A)

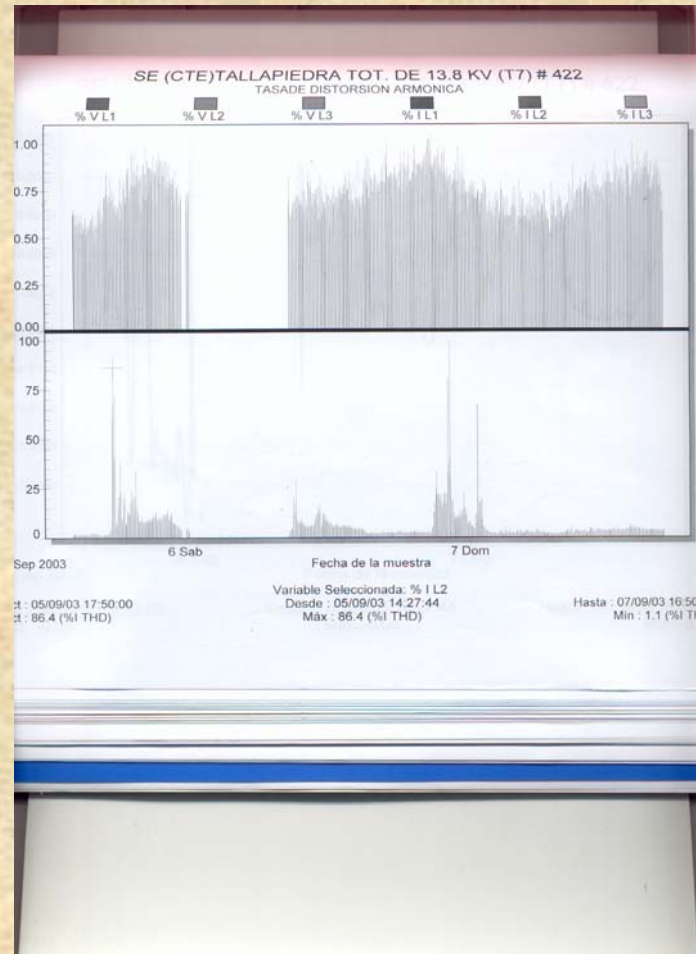
In F3: 124.383 (A)  
 THD: 38.1 %  
 Máx: 227.040 (A)  
 Mín: -156.320 (A)

Act: -162800 (V)

Máx: 165000 (V)

Mín: -165000 (V)

# La Calidad del Suministro de Energía Eléctrica en Cuba



# Conclusiones

- La cuestión de la Calidad en el Suministro de la Energía Eléctrica es un tema de importancia vital, tanto para el productor y distribuidor de energía eléctrica como para los consumidores del sistema.
- La no observancia de los indicadores requeridos de Calidad de la Electricidad implica el crecimiento de averías, pérdidas y daños económicos que, por significativo en unos casos y continuados en otros, representan una pérdida general para la economía del país que requiere de acciones planificadas y controles permanentes.

# Conclusiones

- En la actualidad el marco regulatorio del país en cuanto al mercado de la electricidad, no es riguroso en este tema. Además de ello, no están implementados en las organizaciones de las redes eléctricas programas de trabajo que lleven un control permanente de los consumidores contaminantes de la red, el grado de contaminación y el acuerdo de medidas para limitar los efectos nocivos que ello implica.
- La Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica es una responsabilidad, en primer lugar, de las empresas del servicio público en este sector, quienes son gestoras de este servicio y, por tanto, de la calidad del mismo. Sin embargo, por la incidencia que tienen en los consumidores y por ser estos los que tienen una incidencia prioritaria en la contaminación de la red, resulta para ellos también una responsabilidad importante a observar, la que se refrenda en un marco regulatorio y se realiza a través de los contratos de compra venta del servicio.

# Conclusiones

- Hoy día están implementadas acciones que tienden a corregir esta situación, las que no sólo implican acciones legales y organizativas sino también inversiones puntuales, fundamentalmente en los consumidores contaminantes, las que pueden ser de envergadura en dependencia del caso concreto.
- Para todas las acciones que se vayan a ejecutar es preciso, ante todo, implementar normas bien fundamentadas, basadas en la experiencia internacional en este tema, siendo los trabajos y normas del IEC un punto de partida importante para la organización de esta actividad.

# **La calidad del suministro de la energía eléctrica**

MUCHAS GRACIAS