

## CONCLUSION DE MEDICIONES REALIZADAS EN DOMICILIOS DE PARAMETROS ELECTRICOS – CALIDAD DE ENERGIA

Mg Ing. Adrian F D'Andrea, Ing. Carlos G. Pacheco

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Departamento Ingeniería Eléctrica

Cel.: 3425401331- Lavaisse 610, Cp.: S 3004EWB, Santa Fe, Argentina

[afadandrea@gmail.com](mailto:afadandrea@gmail.com)

**Resumen** – La calidad de la energía eléctrica se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

Realizar un análisis de calidad de energía nos puede garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad locales, ahorro en costos energéticos, o algunas veces la única forma de resolver un problema es capturar y analizar los datos durante un amplio periodo de tiempo. En estos casos, los analizadores de energía son una excelente opción; ya que son accesibles y fáciles de utilizar, además de brindarle al usuario información más completa

Este trabajo tiene como objetivo realizar mediciones de los parámetros eléctricos en distintos domicilios con el fin de verificar que cumpla con las normativas eléctricas que requiere para su funcionamiento y analizar si tiene problemas en relación a la calidad energética.

Las mediciones se realizan en domicilio que se encuentra ubicado en la ciudad de Santa Fe y Santo Tome durante una semana con un Registrador monofásico de calidad de la tensión. El instrumento utilizado fue programado para tomar valores cada 1 minuto, obteniendo los valores mínimos, medios, y máximos de cada medición.

El trabajo nos muestra que sucede en distintos domicilios en donde relacionamos los parámetros medidos con la ubicación de la subestación a la que pertenece el domicilio.

En este estudio se midió la tensión en fase y se registraron los cortes de servicio, la oscilación de los valores de tensión, los armónicos de tensión y la variación del índice THD y se los comparo con los límites establecidos por el ENRE.

Finalmente se registró la frecuencia de red y se verifico según la norma EN 50160.

**Palabras claves** – armónicos; calidad; energía; registrador; tensión

### Introducción

El gran avance tecnológico de los últimos tiempos lleva asociado a sí mismo el desarrollo y modificación de las características internas de lo que en el ámbito eléctrico definimos como cargas dentro de una instalación residencial o industrial, cobrando un papel importantísimo a la hora de analizar su utilización de forma eficiente o los efectos producidos en una instalación debido a la susceptibilidad a sufrir perturbaciones en el funcionamiento como consecuencia de variaciones en el suministro eléctrico que resultan, en algunos casos, imperceptibles en la vida cotidiana.

La ciencia encargada de realizar el estudio de las condiciones de “calidad” con las que un usuario debe ser suministrado para lograr el correcto funcionamiento de los equipos y de esta forma maximizar su eficiencia y vida útil dentro de los parámetros para los que fue diseñado se denomina CALIDAD DE ENERGIA (o de POTENCIA).

Dentro de este marco los investigadores (UTN - FRSF) realizan estudios para determinar cómo es la calidad de energía a nivel domiciliario e industrial para ello se utiliza un equipo que registra distintos parámetros eléctricos y luego se vincula los datos obtenidos a la subestación transformadora a lo que está conectada cada usuario.

Con este tema de estudio como partida se busca en una primera etapa conglomerar los distintos ensayos realizados a consumidores ubicados en varios puntos geográficos de la ciudad para poder realizar un resumen general del estado de calidad a nivel energético, reflejando como en forma sencilla y con equipos simples se puede realizar una evaluación constante de los parámetros a tener en cuenta para lograr un servicio eficiente y poder en un futuro definir estrategias de trabajo y cuidados para controlar el mismo.

Sabemos que la energía eléctrica es suministrada en la forma de un sistema trifásico de tensiones de naturaleza sinusoidal. Hay cuatro parámetros que caracterizan a la onda de tensión y que permiten medir su grado de pureza:

- Frecuencia
- Amplitud
- Forma
- Simetría

El estudio de calidad energética es un concepto relativamente nuevo que en nuestro país aún no posee la atención que debería y esto se ve reflejado en la escasa normalización de los distintos parámetros a evaluar. Esto trae como consecuencia la dificultad de establecer una base común de partida a la hora de realizar un trabajo de esta índole, dentro de este contexto y recabando en distintas normas podemos establecer:

- Márgenes de tensión - ENRE 14/93 - Alimentación aérea de BT -  $\pm 8\%$
- THD - ENRE 184/2000 - 8%
- Contribución armónicos de tensión -ENRE 184/2000:
  - Armónico 3er orden - 5 %f
  - Armónico 5to orden - 6 %f
  - Armónico 7mo orden - 5 %f
- Variación de frecuencia - 50 Hz  $\pm 1\%$
- Micro cortes - interrupciones de duración  $<20$  [ms] y disminución de la tensión en un 80%

## Desarrollo

Para llevar a cabo las mediciones de calidad de energía se utilizó el equipo Fluke VR1710 (Fig. 1), también conocido como "Registrador monofásico de calidad de tensión", permite tomar valores en tiempo real de algunas magnitudes fundamentales de la instalación bajo examen, para poder transferir los datos y visualizarlos con el software asociado a la herramienta (Power Logic Classic).

Las mediciones se realizaron instalando el equipo en los distintos domicilios midiendo durante una semana completa, la instalación de equipo es sencilla ya que se enchufa el cable de alimentación del VR1710 a una toma de corriente eléctrica.

El instrumento utilizado fue programado para tomar valores cada 1 minuto, obteniendo los valores mínimos, medios, y máximos de cada medición. Los parámetros registrados fueron tensión, frecuencia y armónicos de tensión.



Fig. 1. Fluke VR1710

Previamente a comenzar el proceso de registro de medidas, se debe realizar un seteo del equipo (Fig. 2) donde se especifican los rangos de tensión, dentro de los márgenes de la norma, y a su vez se determina un intervalo de muestreo. Una vez concluida la configuración del equipo, comenzar con los registros es muy sencillo, se procede a conectar el instrumento a cualquier toma de la instalación eléctrica a estudiar, dejándolo para nuestro caso, un periodo de aproximadamente una semana.

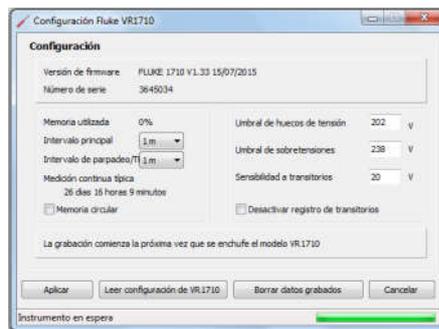


Fig. 2. Configuración previa a la medición.

Una vez transcurrida la semana de medición, se finaliza el proceso al desconectar el instrumento, y conectarlo a alguna computadora en la que tenga adquirido el software asociado al equipo. El Power Logic Classic permite visualizar los parámetros medidos automáticamente y otra de sus características es que permite extraer los datos de todas las mediciones para trabajarlos, en nuestro caso en Excel.

Las mediciones se realizaron en distintos puntos geográficos de la ciudad de Santa Fe, y Santo Tomé con el fin de obtener resultados que permitan vislumbrar los diversos parámetros tomados, a través de una muestra aleatoria como se observa en la Fig. 3.

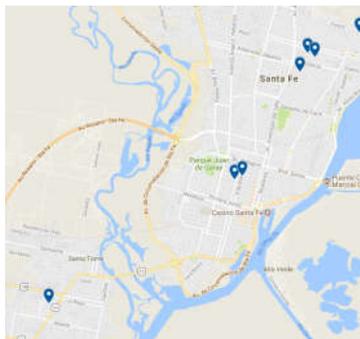


Fig. 3. Localización de mediciones

Para hallar las características de los transformadores vinculado a los usuarios en donde se realizaron las mediciones, se recurrió a una herramienta de la EPE (Empresa Provincial de la Energía). Gracias a la misma se pudo examinar la marca de los transformadores, las características en las que trabajan, como la tensión nominal y la potencia; y también la distancia aproximada de los mismos hasta cada domicilio en cuestión.

## Resultados y discusión

De acuerdo al software de procesamiento de datos del equipo nos suministra la siguiente información que se ve en la Fig. 4.

Resumen de medición	
Modo de aplicación	N/D
Primera medida	14/09/2017 05:17:24 p.m. 0mseg
Ultima medida	21/09/2017 12:42:14 p.m. 0mseg
Intervalo principal	0h 1m 0s 0mseg
Intervalo de parpadeo/THD	0h 1m 0s 0mseg
Tensión nominal	230 V
Corriente nominal	N/D
Frecuencia nominal	50 Hz
Umbral de huecos de tensión	203 V
Umbral de sobretensiones	235 V

Resumen de eventos	
Caidas de tensión	1
Subidas de tensión	1631
Transitorios	21
Interrupciones	5
Perfiles de tensión	0
Variaciones rápidas de tensión	0
Pantallas	0
Formas de onda	0
Intervalos sin mediciones	0
Gráficos de corriente de arranque	0

Fig. 4.

Nos da graficas de las mediciones realizadas referidas a la tensión (Fig. 5), los armónicos registrados (Fig. 6), de la variación de la frecuencia (Fig. 7).



Fig. 5. Variación de tensión



Fig. 6. Contribución de armónicos y THD global

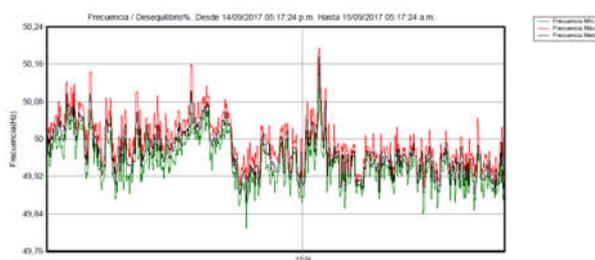


Fig. 7. Variación de frecuencia.

La siguiente tabla (Tabla N° 1) nos indica los lugares en donde se hicieron las mediciones, la fecha de inicio y finalización de las mismas.

Consumidor	Localidad	Dirección	Fecha inicio	Fecha fin
1	Santa Fe	Pje Gianello 700	14/9/2017	21/9/2017
2	Santo Tomé	Aristóbulo del Valle 2900	20/10/2017	30/10/2017
3	Santa Fe	Belgrano 6500	22/11/2017	29/11/2017
4	Santa Fe	Crespo 3100	22/6/2018	29/6/2018
5	Santa Fe	Las Heras 7100	13/6/2018	20/6/2018
6	Santa Fe	4 de enero 3100	8/8/2018	15/8/2018
7	Santa Fe	Marcial Candiotti 7100	2/10/2017	9/10/2017

Tabla N° 1

### Tensión en fase.

La siguiente tabla nos muestra los valores de tensión medidos a lo largo de la semana correspondiente a las tensiones de la fase, la misma nos muestra el valor promedio, las sobretensiones registradas en el periodo de medición, el % sobre la totalidad de mediciones realizadas, las caídas de tensión registradas y el % sobre la totalidad de mediciones realizadas (Tabla N° 2).

Los valores de tensión promedio oscilan entre un mínimo de 230,01 [V] el consumidor 3 y un máximo de 235,95 [V] el consumidor 1.

Consumidor	Tensión promedio [V]	Eventos			
		Sobretensión	% sobre totalidad	Caída de tensión	% sobre totalidad
1	235,19	1285	13,16	-	-
2	235,95	6611	45,64	-	-
3	230,01	16	0,16	-	-
4	232,26	13	0,02	-	-
5	231,32	1601	2,64	-	-
6	232,62	10	0,1	-	-
7	230,17	45	0,44	-	-

Tabla N° 2. Tensiones medidas.

Se pudo observar que en la mayoría de los casos los valores máximos registrados se encuentran por encima del rango establecido en la resolución ENRE 14/93, 25/92 la cual es  $\pm 8\%$  de la tensión nominal, por ejemplo, en el consumidor 2 se registraron valores máximos de 251,125

[V] y se puede ver que hubo un total de 6611 sobretensiones registradas en una semana de medición.

La Fig. 8 nos muestra las estadísticas de la Tensión de Medio Ciclo - L1N – Máximo, en donde se pueden apreciar el número de eventos que se dieron de valores máximos, siendo los 240 [V] el evento que más veces se repitió (950).

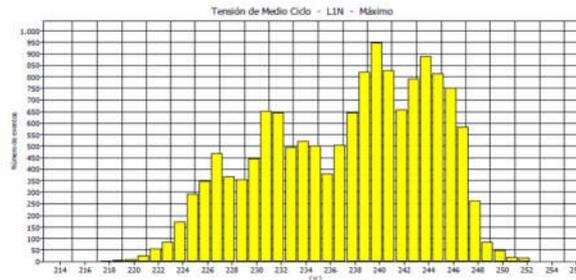


Fig. 8. Estadísticas de la Tensión de medio ciclo

Tal como se ve en la tabla N°2, en algunos casos las sobretensiones representan un porcentaje muy importante. Otro dato importante es que no se registraron caídas de tensión en ninguna de las mediciones realizadas.

### Medición de frecuencia

En la medición de frecuencia (Tabla N° 3) se pudo observar que la mismas se mantuvieron en todo momento dentro del margen permitido según la norma EN 50160 ( $50 \pm 1\%$ ), donde los valores correspondientes se muestran en la Tabla N° 2, se puede ver además que se detectaron en la mayoría de las mediciones cortes y micro cortes.

Consumidor	Variación máxima de frecuencia [Hz]	Microcortes	Cortes
1	$50 \pm 0,213$	2	4
2	$50 \pm 0,317$	2	5
3	$50 \pm 0,250$	1	-
4	$50 \pm 0,359$	1	5
5	$50 \pm 0,588$	2	4
6	$50 \pm 0,225$	-	1
7	$50 \pm 0,252$	4	1

Tabla N° 3. Frecuencias, micro cortes y cortes.

El la Fig. N° 9 vemos como ha sido la frecuencia media para el consumidor 2, en donde se puede apreciar que la mayor cantidad de eventos se da para los 50 Hz

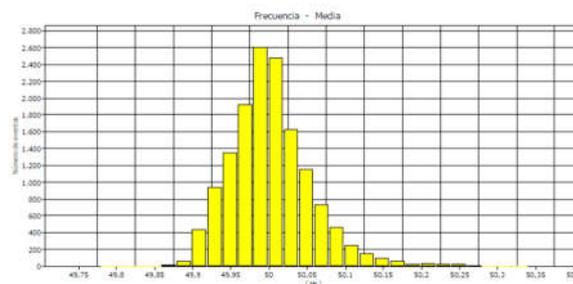


Fig. N° 9. Estadística de frecuencia

## Armónicos de Tensión

Se muestra la variación del índice THD (Tabla N° 4) de la tensión a lo largo de todas las semanas en que se realizaron las mediciones. En lo que respecta a la tensión, puede tomarse como referencia los límites establecidos por el ENRE, es decir, un límite máximo tolerable del 8%f.

Así mismo los márgenes de contribución porcentual de los armónicos de orden 3, 5 y 7 tolerados por la norma ENRE 0184/2000 para instalaciones de suministro de baja tensión (BT), deberán ser:

- Armónico orden 3: 5,0 %f
- Armónico orden 5: 6,0 %f
- Armónico orden 7: 5,0 %f

Consumidor	Contribución de Armónicos [%]			
	Orden 3	Orden 5	Orden 7	THD
1	0,85	2,56	0,53	2,82
2	0,75	2,49	0,89	2,85
3	0,27	2,43	0,79	2,61
4	0,86	2,29	0,41	2,54
5	0,99	1,53	0,49	1,96
6	0,62	2,18	0,40	2,33
7	1,31	2,98	0,61	3,40

Tabla N° 4. Distorsión armónica.

Como vemos en todos los casos los valores están por debajo de lo establecido por el ENRE pero es un tema a seguir observando dado que los valores puede crecer.

En la Fig. 10 se puede apreciar se detectan armónicos del orden 7. Y en La Fig. 13 nos muestra la estadística de THD para el consumidor 2.

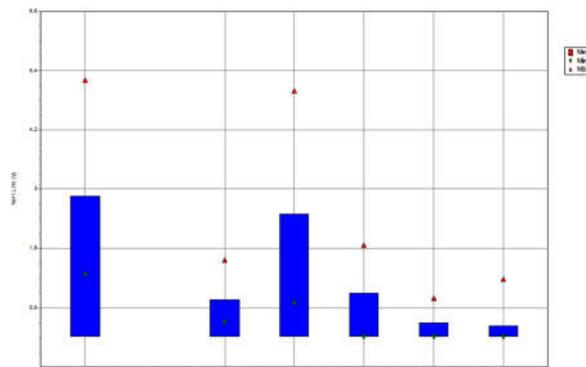


Fig. 10. Armónicos

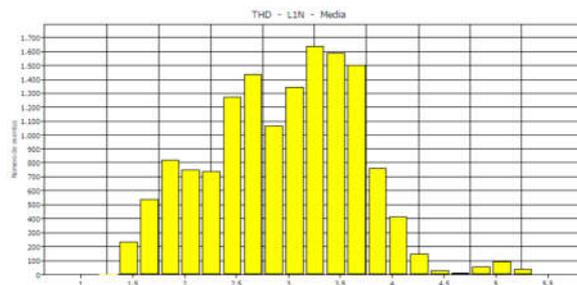


Fig. N° 11. Estadística de THD

Como información que nos sirve para completar este primer estudio se vinculó a cada una de las mediciones con el transformador a que está conectado cada uno de los usuarios y la distancia aproximada que se encuentran (Tabla N° 5). Se ve que hay consumidores que están cerca del transformador 50 m y otros que están a 250 m.

Consumidor	Conductor	Características del transformador			
		Marca	Tensión nominal [KV]	Potencia [kVA]	Distancia aprox [m]
1	3x50 + 1x50 al	Mayo	13,2/0,400-0,231	160	150
2	3x70 + 1x50 al	Argeltra	13,2/0,400-0,231	315	170
3	3x70 + 1x50 al	A.E.G	13,2/0,400-0,231	315	20
4	3x95 + 1x50 al	Artrans	13,2/0,400-0,231	1000	250
5	3x70 + 1x50 al	Mayo	13,2/0,400-0,231	630	200
6	3x70 + 1x50 al	Vasile	13,2/0,400-0,231	800	50
7	3x70 + 1x50 al	Artrans	13,2/0,400-0,231	315	230

Tabla N° 5. Ubicación y características de los lugares medidos.

## Conclusiones

Es de gran importancia destacar que la tensión de suministro se encuentra en la mayoría de los puntos, sin importar la distancia hasta el transformador, muy cerca de superar el límite superior permitido, pero dentro del intervalo normalizado.

Se registró que todas las viviendas ensayadas poseen una distorsión armónica total (THD) muy por debajo del límite normalizado (8%), al igual que la contribución individual de los armónicos impares.

En el peor caso de frecuencia la tolerancia es del 0,588 [Hz] mientras que la normativa acepta como máximo una tolerancia de 0,500 [Hz], es decir, sobrepasa un 0,088 [Hz] la tolerancia admitida por la norma. Pero se observa que es un caso particular y aislado ya que en el resto de las mediciones ningún valor máximo sobrepasa la tolerancia del 0,4 [Hz]; por lo tanto, es aceptable la frecuencia que entrega la empresa distribuidora de energía.

El servicio entregado por la empresa distribuidora de la energía es considerado de carácter aceptable pero no hay que dejar de lado los picos de sobretensión que se registraron, ya que estos en tiempos prolongados acortan la vida útil de los artefactos eléctricos domésticos y/o, en el peor de los casos, su avería permanente.

Para concluir un servicio de mala calidad referido a sobretensiones puede generar altos costos económicos.

## Referencias

- Calidad de potencia para usuarios y empresas eléctricas - Gómez Targarona, Juan Carlos (2005). Buenos Aires. Edigar
- Manual de calidad de energía - SICA, Pirelli. (2000). Buenos Aires.
- Resolución ENRE 14/93
- Resolución ENRE 184/2000
- UNE-EN 50160