




MEDICIONES PARA EN EL CONTROL DE ARMÓNICAS Y FLICKER EN SISTEMA DE DISTRIBUCION PÚBLICOS






La red de distribución eléctrica es la parte del sistema eléctrico que lleva energía desde las subestaciones primarias hasta los usuarios finales. En este contexto, la Norma Técnica de Distribución fija los estándares para el adecuado funcionamiento del segmento de distribución, regulando aspectos de calidad de producto, servicio y atención comercial.

► **Según el Decreto Supremo 327/1997:**

Artículo 223.- La calidad del suministro es el conjunto de parámetros físicos y técnicos que, conforme a este reglamento y las normas técnicas pertinentes, debe cumplir **el producto electricidad**. Dichos parámetros son, entre otros, **tensión, frecuencia y disponibilidad**.

Artículo 227.- La calidad de suministro deberá ser evaluada. La evaluación se realizará separadamente en los sistemas de generación, transporte, distribución, y en **los propios del consumidor final**.





Artículo 228.- Salvo que se acuerde con el suministrador o que el usuario adopte todas las medidas correctivas correspondientes, los usuarios no podrán consumir electricidad mediante equipos que originen perturbaciones en el sistema eléctrico que **superen los límites permitidos por las normas.**

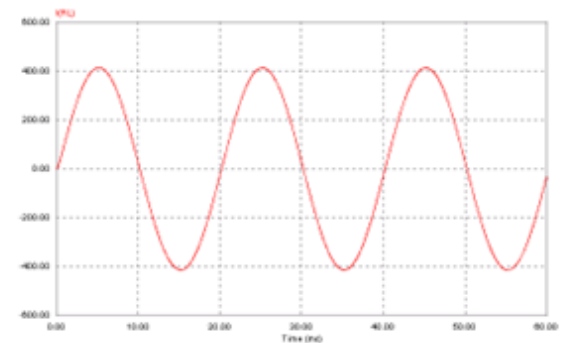
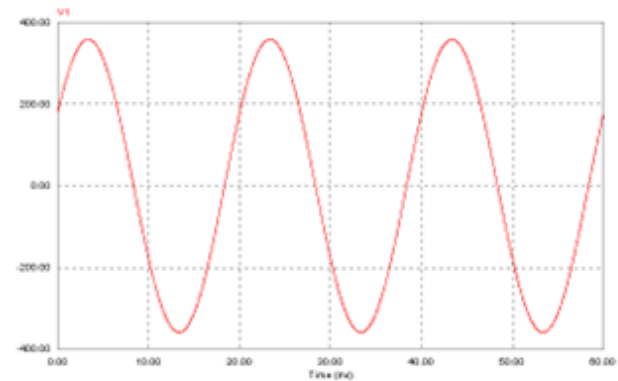
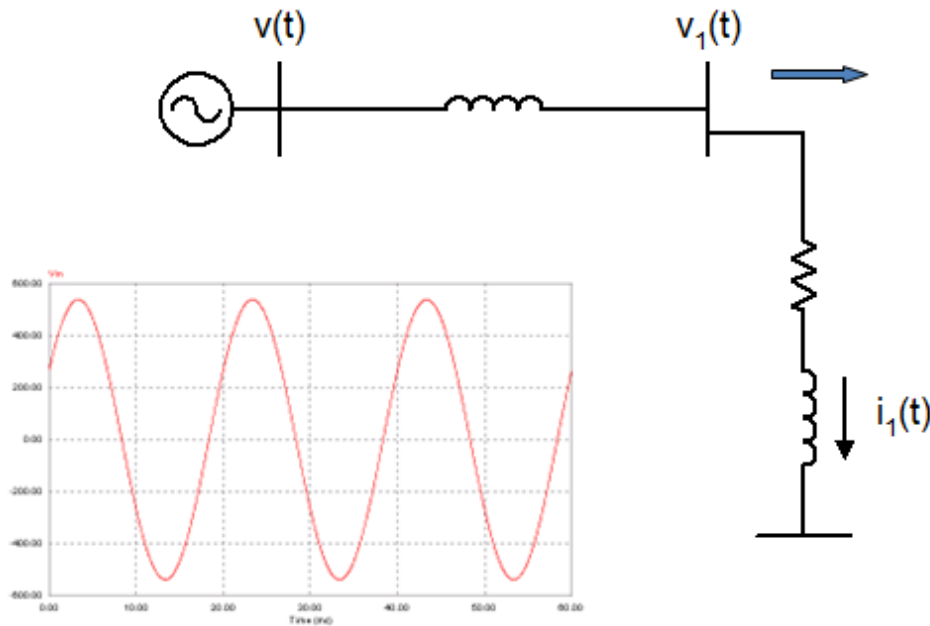
Para estos efectos, el Ministerio, a proposición de la Comisión, **deberá dictar una norma técnica que establezca lo siguiente:**

- a) Tipos de perturbaciones sujetas a limitaciones y holguras permitidas; y
- b) Especificaciones normales, respeto de las perturbaciones, **para los equipos que requieran certificado de aprobación para su comercialización en el país (pendiente)**, así como para todas aquellas instalaciones comerciales, industriales o residenciales que provoquen perturbaciones como, por ejemplo, **parpadeo.**



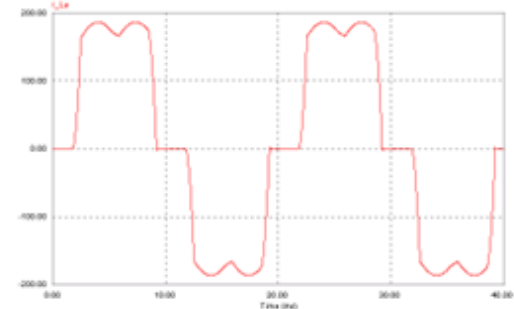
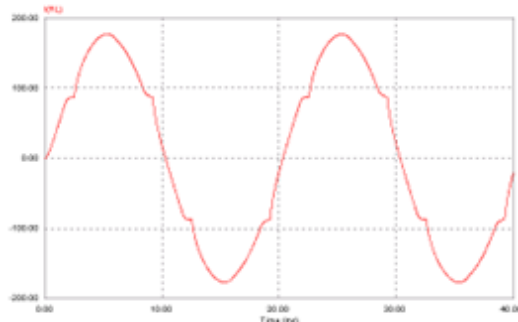
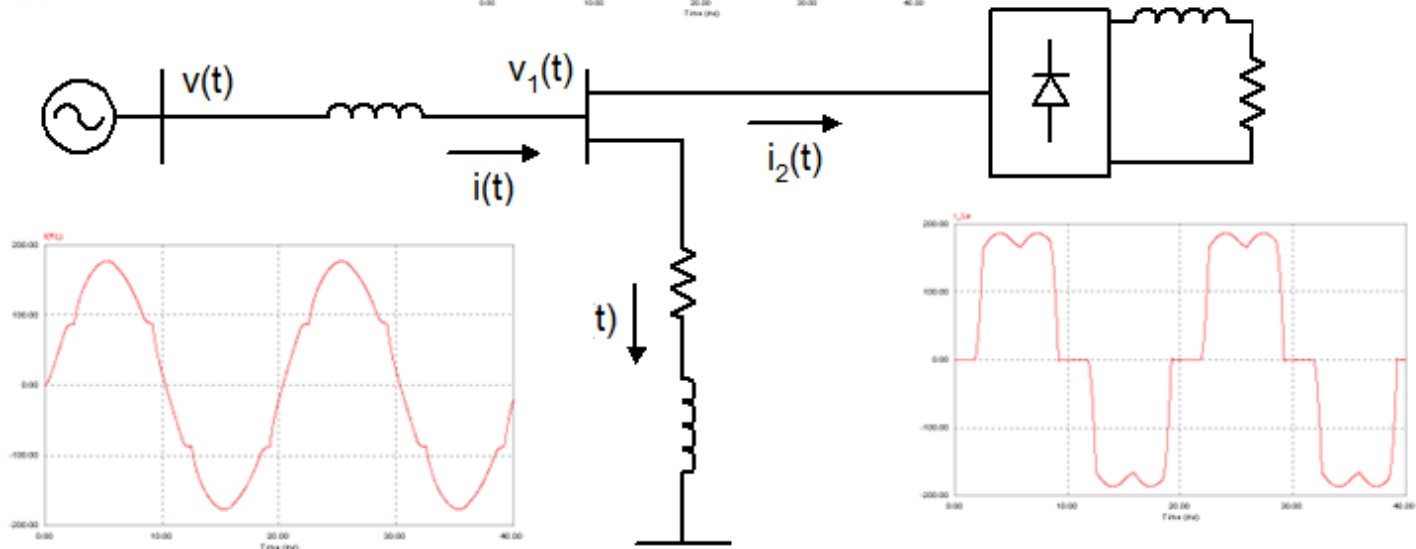
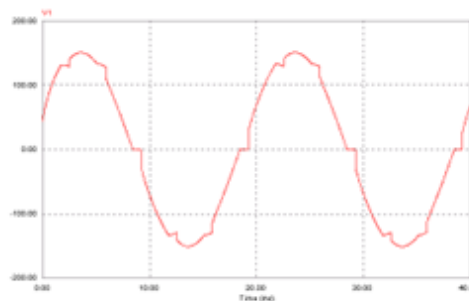
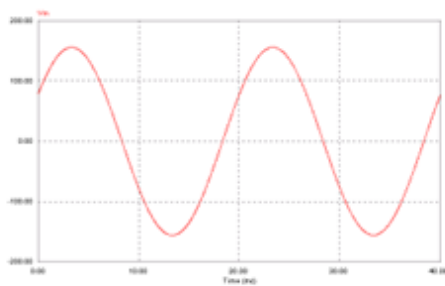
Perturbaciones a la Red de Distribución


- **Modelo Normal** sin perturbaciones del sistema eléctrico



Perturbaciones a la Red de Distribución


- Modelo Normal con perturbaciones del sistema eléctrico



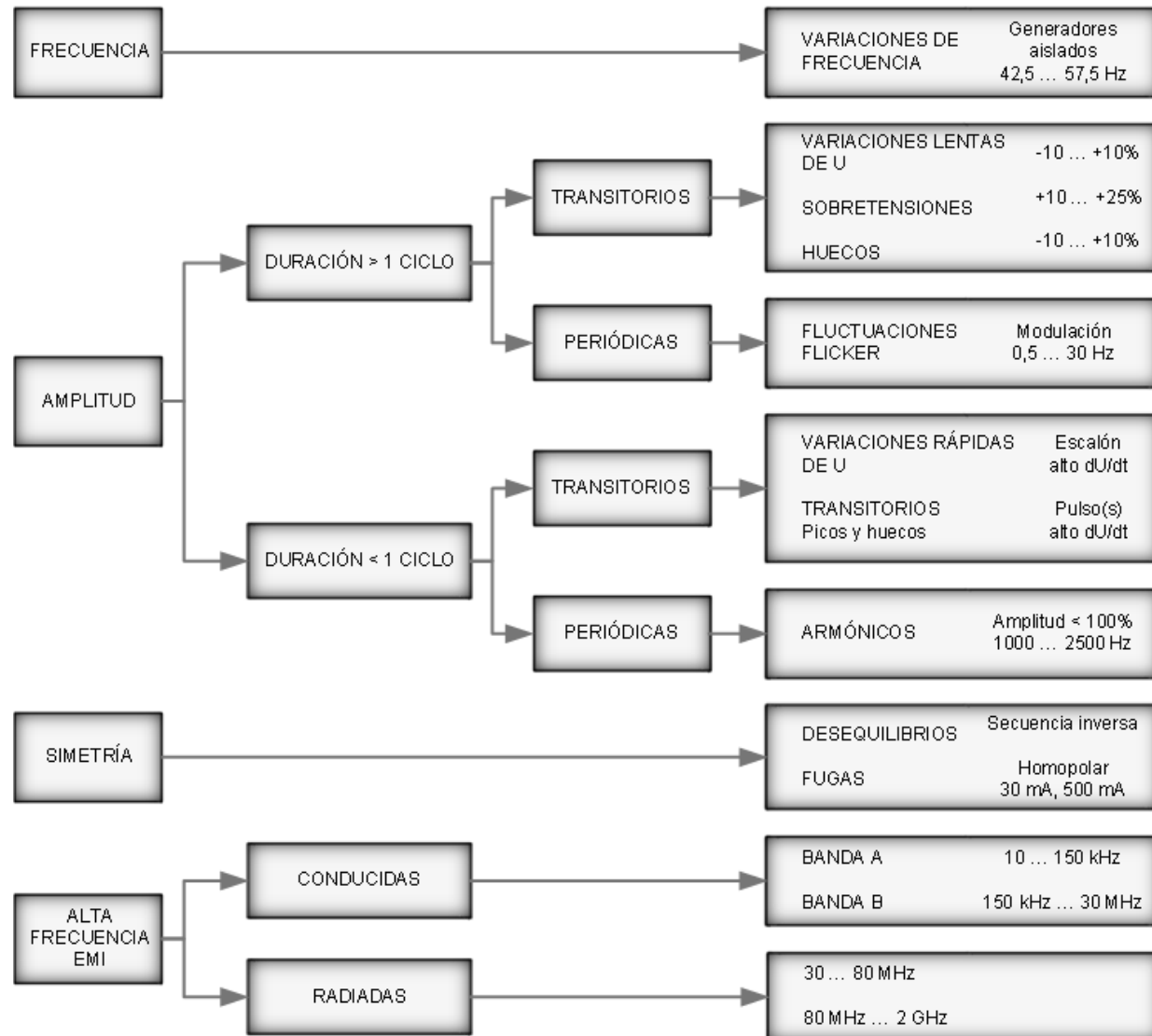


El comportamiento de una red de alimentación ideal debería ser como una fuente de tensión con salida sinusoidal y una tensión constante en todos los puntos de suministro. Sin embargo, esta señal se encuentra distorsionada por diversos motivos; siendo las propias cargas una de las causas principales de la distorsión de la tensión de la red eléctrica, por la conmutación de corriente, por su forma de funcionar en los momentos de sus arranques y paradas, siendo estos los causantes de las caídas de tensión en las impedancias del sistema.

Algunos tipos de distorsión en la red eléctrica ocasionan pérdidas innecesarias, y esto afecta de forma negativa el rendimiento de las instalaciones. Otros tipos de perturbaciones ocasionan problemas denominados de “**Compatibilidad Electromagnética**”, esto es, problemas de mal funcionamiento o funcionamiento errático de algunos equipos cuando se alimentan de una red muy perturbada




Perturbaciones más frecuentes en la red eléctrica





NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE SERVICIO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Diciembre 2019
Santiago de Chile




Artículo 1-1 Objetivo

Según lo establecido en la Ley General de Servicios Eléctricos, en adelante la “Ley”, el objetivo general de la presente norma técnica, en adelante e indistintamente “NT”, es permitir **el correcto funcionamiento de sector eléctrico**, para lo cual deberá regular los aspectos técnicos, de seguridad, coordinación, calidad, información y económicos del funcionamiento de dicho sector

Artículo 1-18 Vinculación con Equipos o Marcas Comerciales

Las exigencias señaladas en la presente NT **son de carácter funcional**, de manera que **no se vinculan ni contienen especificaciones de ningún tipo con equipos o marcas comerciales en particular**. La Empresa Distribuidora no podrá imponer ni exigir a los Clientes y Usuarios condiciones técnicas de conexión u operación diferentes a las dispuestas en la presente NT o en la normativa vigente






Artículo 1-19 Normas Internacionales

Las exigencias de diseño aplicables a las Empresas Distribuidoras se realizarán conforme a la normativa nacional vigente.

Las exigencias tanto de diseño como de conexión, pruebas y operación de instalaciones de Clientes y Usuarios se establecerán en conformidad con las normas vigentes. **En ausencia de disposiciones nacionales sobre tales materias, se recurrirá, para fines interpretativos, a normas internacionales emitidas por los siguientes organismos:**

1. American National Standards Institute (ANSI).
2. American Society of Testing Materials (ASTM).
3. International Electrotechnical Commission (IEC).
4. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).






Artículo 3.5 Distorsión Armónica de Tensión

Distorsión Armónica individual de la tensión (D_{V_j}): $D_{V_j} = \frac{V_j}{V_1} \cdot 100$

Distorsión Armónica total de la tensión (THD_V): $THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^{50} V_j^2}}{V_1} \cdot 100$

Adicionalmente, en Estado Normal y durante el 95% del tiempo de cualquiera semana del año o de siete días corridos de medición y registro, los valores eficaces de la tensión promediados en 10 minutos, deberán ser tales que la distorsión armónica total de tensión no supere el 8%, tanto en BT como en MT






Artículo 3.6 Severidad de Parpadeo (Flicker)

La magnitud de la severidad de parpadeo o *Flicker* de tensión que se presente en los Sistemas de Distribución se medirá en base a índices de severidad de corto plazo (Pst) y de largo plazo (Plt), de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 61000-4-15:2010.

Tabla 9: Límites para Índices de Severidad de Parpadeo o *Flicker*

Densidad de la Red	Pst (10 minutos)	Plt (2 horas)
Alta y Media	1,0	0,8
Baja y Muy Baja	1,25	1,0

Debemos tener presente La Norma IEC 61000-4-15:2010, define el Pst y el Plt con limite de 1,0 y 0,8, para cualquier tipo de red de baja y media tensión. Durante la redacción de dicha norma técnica , **la asociación de empresas de distribución eléctrica solicito que en las redes de baja y muy baja densidad se aumentaran los indicados de Pst y Plt de 1,25 y 1.0 ¿ Para tenerlo presente?**



Artículo 3-7 Distorsión Armónica de Corriente para Usuarios en Media Tensión

La Distorsión Armónica de corriente que produce un Cliente o un Usuario conectado a un Sistema de Distribución será determinada de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\text{Distorsión Armónica de corriente (D}_{I_j}\text{): } D_{I_j} = \frac{I_j}{I_1} \cdot 100$$

$$\text{Distorsión de Demanda Total (TDD): } TDD = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^{50} I_j^2}}{I_L} \cdot 100$$

$$\text{Distorsión Armónica Total de Corriente (THD}_{I}\text{): } THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^{50} I_j^2}}{I_1} \cdot 100$$

En caso que los instrumentos de medida utilizados no entreguen un valor para la TDD, éste deberá determinarse mediante el uso indistinto de una de las siguientes expresiones:

$$TDD_j = THD_{I_j} \cdot \frac{I_1}{I_L}$$

Este punto, se determino porque se uso la norma IEEE 519 y el comité encargado de la redacción de la norma , acepto la recomendación de la norma Colombia de Calidad de la Potencia Eléctrica que indica como obtener TDD a partir del THDi.

Artículo 3.8 Distorsión Armónica de Corriente para Usuarios en Baja Tensión

En Estado Normal y durante el 95% del tiempo de cualquiera semana del año o de siete días corridos de medición y registro, los valores eficaces de la corriente consumida o inyectada por un Usuario conectado en BT, medidos en el Punto de Conexión y promediados en 10 minutos, deberán ser tales que la Distorsión Armónica cumpla con los siguientes límites:

Tabla 11: Límites Distorsión Armónica de corriente en el Punto de Conexión de los Usuarios en Baja Tensión

Orden de la armónica (n)	Usuarios de tarifa BT1	Usuarios de tarifas BT, excepto BT1
	Corriente armónica máxima, en (A)	Corriente armónica máxima, en (%) de la corriente fundamental
Armónicos Impares No Múltiplos de 3		
5	2,28	12,0
7	1,54	8,5
11	0,66	4,3
13	0,42	3,0
17	0,26	2,7
19	0,24	1,9
23	0,20	1,6
25	0,18	1,6
>25	4,5/n	$0,2+0,8*25/n$
Armónicos Impares Múltiplos de 3		
3	4,60	16,6
9	0,80	2,2
15	0,30	0,6
21	0,21	0,4
>21	4,5/n	0,3
Armónicos Pares		
2	2,16	10,0
4	0,86	2,5
6	0,60	1,0
8	0,46	0,8
10	0,37	0,8
12	0,31	0,4
>12	3,68/n	0,3
THD _i	No Aplica	20


El comité encargado de la redacción de la norma, determino usar como referencia la Normativa Argentina *Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones Producto Técnico - Etapa 2* RESOLUCION ENRE año 97, el cual se baso en la norma **IEC 61000-3-2 “Límites para emisiones de corriente armónica (corriente de entrada del equipo ≤16 A por fase)**



NORMAS INTERNACIONALES

-Normativa Argentina *“Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones Producto Técnico - Etapa 2 RESOLUCION ENRE año 97”* Se miden flicker y armónicos de tensión y corriente. Esta normativa esta vigente, el control de la emisión esta a cargo de las distribuidoras, quienes deben medir, evaluar y penalizar a los usuarios perturbadores bajo procedimientos descripto para el control de los niveles en la red. Hoy día , si no se cumple, se penalizará en base a la energía de cada intervalo transgredido. Según el grado de transgresión, la penalización podrá alcanzar a 2 \$/kWh.

-Normativa Brasil “Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)”2021 Modulo 8 : Qualidade da Energia Elétrica. El módulo 8 de PRODIST establece valores bien definidos para todos los parámetros relacionados con la calidad de producto de energía eléctrica, permitiendo que la calidad de la energía eléctrica deje de ser solo un concepto y se convierta en un objetivo medible. Dentro de las magnitudes se deben medir dentro del régimen permanente; los Armónicos y la Fluctuación de voltaje (Flicker). Método de medida clase A o S, según norma IEC 61000-4-30 vigente y el día de hoy se están realizando compensaciones a los consumidores que han estado sujetas perturbaciones en la tensión de servicio con transgresión a los indicadores por tensión precaria (DRP) y tensión critica (DRC)






NORMAS INTERNACIONALES

-Normativa Colombiana “Norma Técnica Colombiana NTC 5001 Calidad de la Potencia Eléctrica. Límites y Metodología de Evaluación en Punto de Conexión Común.2008 concepto similar a lo dispuesto por la CREG 024 -2005, con el propósito de brindar al usuario una admisible prestación de calidad del servicio eléctrico. Las empresas y las comercializadores de energía eléctrica debe medir y evaluar los fenómenos electromagnéticos como : los armónicos y flicker según los límites indicados en dicha norma.

-Normativa Ecuador EL Directorio del Consejo Nacional de Electricidad CONELEC Regulación CONELEC – 004/01 posteriormente la ARCONEL 005/18 “Calidad del Producto Eléctrico en Servicios de Distribución” la cual establece los límites permitidos para cada una de estas anomalías. armónicos, flicker, factor de potencia, sags, swells, entre otros parámetros. Las empresas distribuidoras miden y evalúan según esta norma la calidad del Producto Eléctrico en los puntos de medida y están en la etapa de mejoramiento de la red , antes de iniciar etapa de compensación y penalización.



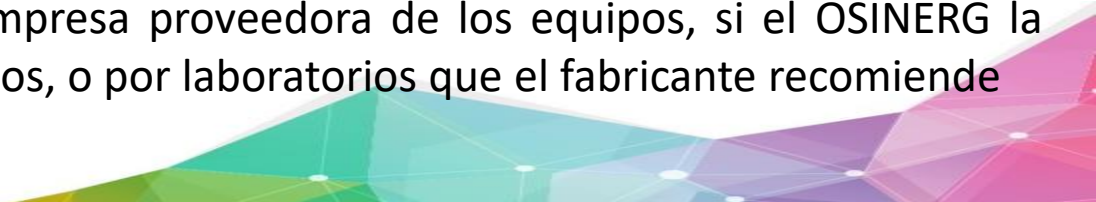


NORMAS INTERNACIONALES

-Normativa Peruana Decreto Supremo N° 040-2001-EM. Base Metodológica para la Aplicación de la “Norma de Calidad de los Servicios Eléctricos”-NTCSE Las mediciones para el control de perturbaciones (flicker y tensiones armónicas) se realizan en los puntos de entrega a clientes en muy alta, media y baja tensión, se registran con uno o más equipos en forma trifásica, simultánea y sincronizada con la energía integrada en intervalos de diez (10) minutos. El control de perturbaciones (flicker y tensiones armónicas) en barras de salida en baja tensión de las subestaciones en MT/BT se registran en forma trifásica, y la energía entregada con perturbaciones que exceden los límites de tolerancia, se evalúa para cada cliente, que pertenece a la subestación MT/BT controlada, según lo establecido en la Séptima Disposición Final de la NTCSE, con el objetivo de compensar aquellos que recibieron una mala calidad de energía durante el periodo de facturación

La norma estableció que transcurridos dos años desde el momento en que se compró o se utilizó por primera vez un equipo para las mediciones Calidad de Tensión, el suministrador debe efectuar una recalibración del mismo en un plazo máximo de 6 meses. Además con una periodicidad de un año, a partir de la primera recalibración, el suministrador debe proceder a recalibrar nuevamente sus equipos.

Hasta que no exista en el mercado una empresa calificada para efectuar estas recalibraciones, tal labor podrá ser efectuada por la empresa proveedora de los equipos, si el OSINERG la autoriza, o por el fabricante de los mismos, o por laboratorios que el fabricante recomiende






NORMAS INTERNACIONALES

Existen otras normas internacionales Vigentes que miden y controlan los Armónicos y el Flicker como son : EN50160 (Comunidad Europea), Normas Técnica D-A- CH-CZ. (evaluación de perturbaciones en sistema de distribución para Alemania, Suiza, Austria y Republica Checa), Uruguay, Bolivia , Guatemala y otras.

Además existen otras norma IEC que limitan las perturbaciones electromagnética de los equipos que se conectan a la red de distribución., como : IEC 61000-3-2 “Limites para la emisión de corrientes armónicas (corriente de entrada del equipo ≤ 16 A por fase); IEC 61000-3-4 “Limitación de armónicas de corrientes en sistema de suministro de energía de baja tensión para equipos de corriente nominal mayor a 16 A ;etc.





¿Por qué es importante medir los armónicos ?

Se debe medir la distorsión de onda (voltaje y corriente) para **determinar en forma REAL el nivel de contaminación que existe en la red**, se debe recordar que los armónicos se produce porque los equipos electrónicos (mayoritariamente instalados en MT y BT) consumen la energía eléctrica de una manera no lineal. Esto produce problemas como puede ser: sobrecalentamiento de conductores, disparos intempestivos de interruptores, vibraciones, envejecimiento de equipos, etc. La aparición de estos efectos provocan **instalaciones eléctricas menos seguras** y además **pérdidas económicas** .

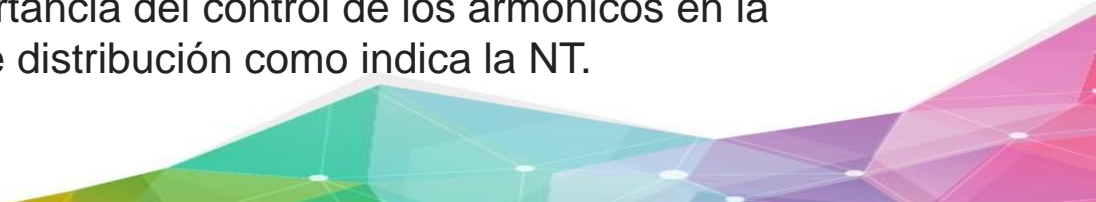
Costos Técnicos por presencia de armónicos

Estos costos son aquellos que permiten una pérdida de rendimiento de nuestra instalación.

Es decir:

- Pérdida de capacidad en líneas de distribución de energía
- Sobrecarga de transformadores
- Sobrecarga de conductores
- Caídas de tensión
- Descalificación de los transformadores
- Pérdidas por efecto Joule en líneas y máquinas
- Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas

Normalmente, estos costos derivan en un costos económicos para el usuario y el distribuidor de energía eléctrica. Aquí se halla la importancia del control de los armónicos en la instalaciones del cliente como en la red de distribución como indica la NT.





¿Por qué es importante medir los armónicos ?

Costos Económicos

Los costos económicos son aquellos que podemos cuantificar económicamente, aunque en algunos casos puede ser difícil. Estos costos asociados a los armónicos se dividen en dos:


Costos visibles:

- Mayor consumo eléctrico
- Puntas de consumo eléctrico
- Recargo o pago de energía reactiva

Costos ocultos:

- Pérdidas en distribución
- Pérdidas de potencia y energía (por efecto Joule y magnéticas)
- Paradas de procesos productivos

Todos estos costos se pueden encontrarse en mayor o menor proporción en función de la propia instalación de distribución (débil o fuerte) y de las cargas conectadas a ellas.





¿Por qué es importante medir los armónicos ?

- **Futuras Fuentes de armónicas**

A un plazo mediano, se prevé un aumento importante en el contenido de armónicas en las redes eléctricas, debido al uso un gran escala de autos eléctricos que requerirán cargar sus baterías en grandes bancos de rectificación.

Otras posibles fuentes de armónicas son aquellas que requerirán la conversión de grandes volúmenes de energía, posiblemente producidas por fuentes no convencionales (Eólica, Solar, etc.)

Por otro lado, debido a características inherentes a su propio funcionamiento, estos generadores emiten perturbaciones hacia la red a la que se encuentran conectados. Si esto no controla debidamente, puede afectar la Compatibilidad Electromagnética en el Punto deAcoplamiento Común (PAC).Estas perturbaciones son los armónicos

Consecuentemente, en sendos casos – generadores eólicos y fotovoltaicos – cuando su potencia se encuentra por encima de determinado valor, es necesario llevar a cabo un riguroso análisis del impacto que su inserción tendrá en términos de Calidad de Energía.

¿ Hay exigencia en la aplicación de la NT para los PMGD? por parte de las empresas distribuidoras






¿Por qué es importante medir el Flicker?

El fenómeno flicker es el resultado de la variación de la intensidad del flujo luminoso que afecta a la visión humana generado por las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica; convirtiéndose en un problema de percepción visual, ya que este fenómeno va a depender principalmente de las personas que lo puedan percibir o apreciar, y son causadas principalmente por:

1. La variación fluctuante de potencia que absorben diversas cargas como: hornos de arco, máquinas soldadoras eléctricas, motores eléctricos (arranque principalmente), etc.
2. La desconexión o puesta en marcha de cargas importantes como: arranques de motores, maniobras de bancos de capacitores, etc.

El parpadeo (flicker) puede ser motivado por perturbaciones introducidas durante la generación, transmisión o distribución de energía, pero que generalmente son provocadas por el uso de grandes cargas fluctuantes, es decir, cargas cuya demanda de potencia activa o reactiva fluctúa rápidamente






¿Por qué es importante medir el Flicker?

Al medir el flicker nos permite caracterizar la red eléctrica, porque el parpadeo es provocado por cargas con una elevada relación de cambio de potencia con respecto a la **capacidad de cortocircuito instaladas en el punto de conexión a la red de suministro**, dicho punto se denomina PCC ámbito de la campaña de medición de la calidad del producto eléctrico, relacionado entre **una carga contaminante y otra sensible**.

Fuentes Productoras de Flicker

Al conectar al Sistema de Distribución algunos equipos eléctricos de los diferentes consumidores (residencial, comercial e industrial), pueden provocar oscilaciones durante su operación normal de funcionamiento, esto trae como consecuencia el fenómeno de parpadeo (flicker).

De entre los equipos eléctricos que son utilizados en la red de distribución se destacan aquellos que, en su régimen normal de operación, puede provocar oscilaciones de voltaje, como son: hornos de arco, motores (en el arranque o al accionar cargas variables tales como laminadores, compresores alternativos, sierras alternativas, excavadoras y otros), etc.






¿Por qué es importante medir el Flicker?

Por lo tanto , estas oscilaciones de voltaje a su vez pueden producir perturbaciones a cualquier momento y afecta al funcionamiento de las instalaciones eléctricas de los ***diferentes consumidores que están conectados a una misma red de distribución***; por ejemplo, se puede mencionar los receptores de televisión, computadoras u otro tipo de equipamientos electrónicos.

Hay que tener presente algunas consideraciones con respecto del flicker en las redes de distribución :

- La cantidad de flicker será mayor cerca de la fuente de flicker, los clientes conectados al mismo transformador son más propensos a percibir el flicker causado por alguno clientes cercano que un cliente que esta mas alejado del transformador y de la fuente del flicker.
 - La magnitud del cambio o las oscilaciones de voltaje producido en el lado primario de un transformador, en general, será significativamente menor, que si es observada o medida en el lado del secundario del transformador.
- 




¿Por qué es importante medir el Flicker?

Algunos estudios realizados en países como Argentina, Colombia, Ecuador y Perú, mencionan que el flicker depende ampliamente de la impedancia de la red en el punto de acoplamiento común (PCC), el cual está clásicamente relacionado con el nivel de cortocircuito. El valor de la potencia de cortocircuito debe ser mayor que la potencia de las cargas conectadas para que no ocurra este fenómeno. Es por esto que cuando se tiene una fuente con una alta potencia de cortocircuito y baja impedancia se obtiene menores fluctuaciones de tensión ante fluctuaciones en la corriente de la carga. Pero también indican, que las mediciones de flicker permiten determinar si existen o no alguna metodología por parte de las empresas distribuidoras para determinar la causa de dicha perturbación y como atenuarla en los transformadores BT.

- Analizar las condiciones de operación de los transformadores de distribución.
- Realizar un comparativo entre las mediciones obtenidas en las campañas y determinar los factores que estos conllevan.

Inspección del estado del transformador: Se tiene que determinar el estado físico del transformador y los elementos que lo conforman, a su vez identificar la existencia de una fuente perturbadora o carga especial que genere flicker.e





¿Por qué es importante medir el Flicker?

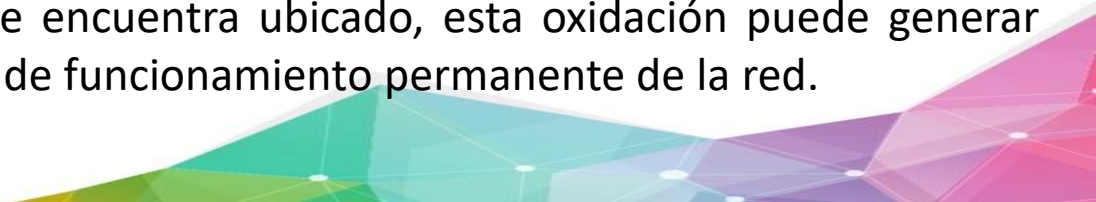
De acuerdo a los papers y las mediciones obtenidas durante las campañas de mediciones , se han detectados niveles de Flicker que superan el limite permitido cuyo origen son la falta de tareas de mantenimiento en la red. Lo puntos que guardan vinculo con esta perturbación son:

- Sistema de Puesta a Tierra

Cuando hay presencia de perturbaciones existe una mala calidad de energía. En base a diferentes estudios se ha determinado que la mayoría de los inconvenientes relacionados con la calidad de energía eléctrica proviene de forma directa de las instalaciones eléctricas (usuario) y no del suministro eléctrico. Mientras el sistema eléctrico posea un diseño del SPT seguro, permitirá la disminución de fallas que tienen relación con las interrupciones, eventos transitorios y variaciones en los parámetros fundamentales.

-Tipo de Cable Instalado

Entre los materiales más utilizados son el cobre y el aluminio. Hay que tener presente que se ha observó que el cable utilizado en las boquillas de baja tensión es de aluminio, adicional a ello el conductor experimenta un nivel medio de corrosión debido a las condiciones ambientales en las que se encuentra ubicado, esta oxidación puede generar una perturbación durante la condición de funcionamiento permanente de la red.







¿Por qué es importante medir el Flicker?

-Falso Contacto Eléctrico

El falso contacto es un problema eléctrico muy común en las instalaciones eléctricas que están expuestas mucho a la intemperie, a los cambios de temperatura, a la humedad, a las vibraciones mecánicas, al polvo, a la falta de mantenimiento, a la inapropiada conexión o ajuste entre otros. Hay que tener en cuenta, que toda conexión eléctrica sufre desgaste con el tiempo y puede generar un falso contacto produciendo una perturbación similar al Flicker.

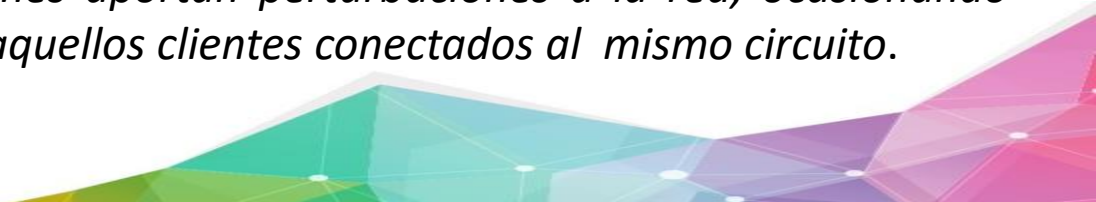





La red de distribución de energía eléctrica tiene cierta capacidad para absorber perturbaciones emitidas por los clientes sin que superen los límites de referencia indica en la NT , como también aquellas que si superan los límites de la NT y que afectan la calidad del producto eléctrica de aquellos clientes agua bajo de dicho punto.


Como las perturbaciones –*armónicas y flicker*- son producidas por cargas no lineales y por equipos que demandan potencia eléctrica de una forma no constante, la empresa Distribuidora debe controlar la emisión de las perturbaciones a la red por parte de los usuarios. Para ello están establecidos límites de emisión de perturbaciones para cada clientes conectado al sistema de distribución eléctrica.

Es importante destacar que en los casos en los cuales se verifique, mediante la aplicación de los artículos establecidos en la NT con respecto a estas perturbaciones , que la fuente perturbador sea el cliente, distribuidora podrá aplicar las sanciones allí previstas, pudiendo llegar a la desconexión del usuario, previa autorización de la SEC. *Esta sin duda es una atribución muy importante para las distribuidoras al momento de definir la responsabilidad de quienes aportan perturbaciones a la red, ocasionando una mala calidad de energía para aquellos clientes conectados al mismo circuito.*





La red de distribución eléctrica es la parte del sistema eléctrico que lleva energía desde las subestaciones primarias hasta los usuarios finales. En este contexto, ***la Norma Técnica de Distribución fija los estándares para el adecuado funcionamiento del segmento de distribución, regulando aspectos de calidad de producto, servicio y atención comercial.***



Gracias

