



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
ESP**

Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización
y Laboratorios

NT-13

**Norma Técnica: Calidad de la potencia de redes
de distribución**

EPM-UCET-NYL-NT-13

Agosto 2019

Elaboración, Revisión y Aprobación

Actividad	Tema	Nombre
Elaboró	Norma Técnica: Calidad de la potencia de redes de distribución	Consultoría Colombiana S.A
	Revisó	José Daniel Acosta Moreno
	Aprobó	Mónica Rueda Aguilar

Requeridores

Destinatario	Cargo	No. de Copias
Johan Sebastián Higuita	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1
Gabriel Jaime Romero Choperena	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1

Revisiones

Revisión	Fecha dd/mm/aaaa	Descripción de la revisión
01	25/09/2019	Versión inicial

© Copyright: Empresas Públicas de Medellín ESP. No está permitida su reproducción por ningún medio impreso, fotostático, electrónico o similar, sin la previa autorización escrita del titular de los derechos reservados.

CONTENIDO

1	OBJETO	5
2	ALCANCE.....	6
3	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	7
4	DEFINICIONES	8
5	CONSIDERACIONES GENERALES	9
6	LIMITES ACEPTABLES ANTE PERTURBACIONES DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA	10
6.1	LÍMITES DE TENSION Y FRECUENCIA.....	10
6.2	LIMITES DE DISTORSION DE TENSION Y CORRIENTE	12
6.3	LIMITES DEL FACTOR DE POTENCIA	12
7	PROCESO DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de frecuencia aceptable [10]	10
Tabla 2 Clasificación, denominación y valores de la tensión nominal [10].....	11
Tabla 3 Valores de referencia de THD [7]	12
Tabla 4 Valores límites de distorsión de corriente TDD para sistemas desde 120 V hasta 69 kV [7]	12
Tabla 5 Rango de valores para cumplimiento del factor de potencia	13



1 OBJETO

Establecer los parámetros para la evaluación de la calidad de la potencia en el diseño de las redes de distribución de energía eléctrica, partiendo de los referentes técnicos normativos, nacionales e internacionales.



2 ALCANCE

La presente norma cubre los temas de evaluación de la calidad de la potencia desde la etapa de diseño de los sistemas de distribución de energía en los niveles de baja tensión (inferior a 1 kV) y media tensión (7,62 kV, 13,2 kV, 34,5 kV y 44 kV), de propiedad de EPM.

3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- [1] Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 9 0708, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Bogotá Colombia, 30 de agosto de 2013.
- [2] Comisión de Regulación de Energía y Gas, Documento CREG-017, Calidad de la potencia, Colombia, marzo 8 de 2005, Pág. 100.
- [3] Comisión de Regulación de Energía y Gas, Documento CREG-025, Por la cual se establece el Código de Redes como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional, Colombia, julio 13 de 1995, Pág. 141.
- [4] Comisión de Regulación de Energía y Gas, Documento CREG-024, Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de distribución de Energía Eléctrica, Colombia, abril 26 de 2005, Pág. 10.
- [5] Comisión de Regulación de Energía y Gas, Documento CREG-070, Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional, Colombia, mayo 28 de 1998, Pág. 63.
- [6] IEC Standard, IEC 61000-4-15, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and design specifications, 2003.
- [7] IEEE Standard, IEEE 519-2014 Recommended practice and requirements for harmonic control in electric, New York, USA, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014.
- [8] IEEE Standard, IEEE 1100-2005 Powering and grounding electronic equipment, New York, USA, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005.
- [9] IEEE Standard, IEEE 1159-2009 Recommended practice for monitoring electric power quality, New York, USA, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2009.
- [10] Icontec, Norma Técnica Colombiana NTC 1340 – Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público, Bogotá, Colombia, 2004.
- [11] Icontec, Norma Técnica Colombiana NTC 5001 – Calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en puntos de conexión común, Bogotá, Colombia, 2008.
- [12] Icontec, Norma Técnica Colombiana NTC 5000 – Calidad de la potencia eléctrica - CPE. Definiciones y términos fundamentales, Bogotá, Colombia, 2013.
- [13] NRS 048-2:2003, Electricity supply-quality of supply. Part 2: Voltage characteristics, compatibility levels, limits and assessment methods, 2003.
- [14] Comisión de Regulación de Energía y Gas, Documento CREG-032, Calidad de la potencia, Colombia, junio 25 de 2012.

4 DEFINICIONES

Calidad de la potencia eléctrica: se refiere a la desviación de los indicadores representativos de un sistema eléctrico, principalmente asociados a las formas de onda de tensión y corriente de este, respecto a valores estándar o de referencia.

Potencia activa: es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, entre otros. Se representa por P y se mide en vatio (W).

Potencia reactiva: esta potencia no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en estos componentes. Se representa por Q y se mide en voltamperio reactivo (VAr).

Sistema de distribución de energía: sistema de transmisión de energía eléctrica compuesto por redes de distribución municipales o distritales; conformado por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV que no pertenecen a un sistema de transmisión regional por estar dedicadas al servicio de un sistema de distribución municipal, distrital o local.

Tensión nominal: valor convencional de la tensión eficaz con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el cual ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

THD (Total Harmonic Distortion): es una medida de la distorsión armónica presente en un sistema, entendiendo ésta en el contexto eléctrico como la sobreposición de señales de corriente o tensión, en múltiplos de la frecuencia fundamental de la potencia sobre la onda sinusoidal de la misma.

Tensión máxima de un sistema: valor eficaz máximo de tensión que ocurre bajo condiciones de operación normal en cualquier momento y punto del sistema [10].

Tensión mínima de un sistema: valor eficaz mínimo de tensión que ocurre bajo condiciones de operación normal en cualquier momento y punto del sistema [10].

5 CONSIDERACIONES GENERALES

La calidad de la potencia consiste en el cumplimiento de valores de referencia en un punto y momento determinado, de los parámetros eléctricos formas de ondas de tensión y corriente, bajo condiciones normales de operación en el sistema de distribución de energía eléctrica.

Es importante precisar que aun cuando el Operador de Red (OR) es el responsable por la calidad de la potencia y del servicio suministrado a los usuarios conectados a su sistema [5], dado que las condiciones operativas resultantes en un punto del sistema eléctrico dependen en gran medida del comportamiento de las cargas conectadas, así como de los fenómenos inherentes al sistema como maniobras y/o fallas, se requiere que desde el proceso de diseño se consideren los requerimientos necesarios para que se cumplan los límites establecidos en la normativa nacional y/o internacional respecto a esta materia.

Con el fin de referenciar los límites permisibles de operación ante las diferentes perturbaciones, en el siguiente capítulo se incluyen las tablas resumen para cada aspecto de la calidad de potencia.

6 LIMITES ACEPTABLES ANTE PERTURBACIONES DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA

6.1 LÍMITES DE TENSION Y FRECUENCIA

En la normatividad se han establecido intervalos de valores de tensión y frecuencia nominales aceptables para garantizar el cumplimiento de la calidad de la potencia, en condiciones normales de operación del sistema en corriente alterna (c.a.).

La frecuencia nominal de la tensión suministrada debe ser de 60 Hz. El valor medio de la frecuencia fundamental, en condiciones normales de operación, medida durante 10 segundos en el sistema de distribución debe estar acorde con los valores establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1 Valores de frecuencia aceptable [10]

Tipos de red	Frecuencia aceptable durante el 95 % de una semana	Frecuencia aceptable durante el 100 % de una semana
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado	Desde 59,8 Hz Hasta 60,2 Hz	Desde 57,5 Hz Hasta 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Desde 58,8 Hz Hasta 61,2 Hz	Desde 51 Hz Hasta 69 Hz

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1340 Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público.

El valor de la tensión debe seleccionarse en función del nivel de tensión a evaluar en el sistema de distribución en condiciones normales de operación. Para el sistema de distribución del grupo EPM se tienen tensiones de baja tensión (inferior a 1 kV) y de media tensión (7,62 kV, 13,2 kV, 34,5 kV y 44 kV) de acuerdo con la clasificación establecida en la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación, denominación y valores de la tensión nominal [10]

Clasificación (Nivel)	Nivel de Tensión	Tensión Nominal (V)		Tensión máxima (% de la nominal)	Tensión mínima (% de la nominal)
		Sistema trifásico de 3 o 4 conductores	Sistema monofásico de 2 o 3 conductores		
Baja tensión (Nivel 1)	Hasta 1000 V	-	120*	+ 5	-10
		120/208*	-		
		-	120/240*		
		127/220*	-		
		220*	-		
		277/480	-		
		480	-		
Media tensión (Niveles 2 y 3)	Mayor o igual a 1000 V y menor a 62000 V	4160	-	+ 5	-10
		-	7620*		
		11400	-		
		13200*	-		
		13800	-		
		34500*	-		
		44000*	-		
Alta Tensión (Nivel 4)	Mayor o igual a 62000 V y menor a 230000 V	57500	-	+10	-10
		66000	-		
		115000	-		
Extra Alta Tensión (Nivel 4)	Mayor a 230000 V	230000	-		
		500000	-		

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1340 Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público.

*Son las tensiones de referencias aplicables en este documento y usadas en el sistema de distribución del grupo EPM

Para el tema de medición de la tensión se considera que, en condiciones normales de operación del sistema de distribución para cada periodo de semana, el 95 % de los valores eficaces promediados en 10 minutos debe evaluarse en los valores de referencia establecidos en la Tabla 2.

Con respecto a los fenómenos de caída de tensión (sags) y elevación de tensión (swells), en general se requiere que no se presenten eventos de perturbaciones que afecten las cargas sensibles del SDL. A nivel de referencia para revisar el nivel de tolerancia de estas cargas sensibles se pueden analizar las zonas de operación normal, la zona sin daños y la zona prohibida de la curva CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacturers Association)

Por otra parte, el indicador de desbalance de tensión ($V2/V1$) debe ser inferior al 2% [14].

El fenómeno de parpadeo o flicker será validado a través de un primer indicador, PST (Short Term Perceptibility), el cual evalúa la severidad del flicker en períodos cortos de tiempo con intervalos de observación de 10 minutos, el cual no debe ser superior a 1 (percentil 95%). Para los fenómenos de largo plazo, se evaluará con el PLT (Long Term Perceptibility), con intervalos de observación de 2 horas y el cual no debe ser superior a 1, tanto en media como en baja tensión [6].

6.2 LIMITES DE DISTORSION DE TENSION Y CORRIENTE

Los límites asociados a la distorsión de la onda de tensión se presentan en la Tabla 3, de acuerdo con el rango de tensión.

Tabla 3 Valores de referencia de THD [7]

Rango de tensión	Distorsión Armónica Individual (Dv) (%)	Distorsión Armónica Total (THDv) (%)
$V_n \leq 1$ kV	5,0	8,0
1 kV < $V_n \leq 69$ kV	3,0	5,0
69 kV < $V_n \leq 161$ kV	1,5	2,5
$V_n > 161$ kV	1,0	1,5

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in Electric, 2014

Los límites asociados a la distorsión de la onda de corriente se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Valores límites de distorsión de corriente TDD para sistemas desde 120 V hasta 69 kV [7]

Máximas distorsiones armónicas en porcentajes de I_L						
$(I_{sc}$ = corriente máxima de cortocircuito en el punto PCC)						
Orden de armónicos individuales ^{a,b}						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
<20 ^c	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in electric, 2014

Notas:

- Los armónicos pares son limitados al 25 % de los límites dados a los armónicos impares.
- Las distorsiones de corriente que resultan en un nivel DC, como por ejemplo convertidores de media onda no son permitidas.
- Todos los equipos de generación de potencia están limitados a estos valores de distorsión de corriente sin importar la relación real I_{sc}/I_L .

6.3 LIMITES DEL FACTOR DE POTENCIA

Para la evaluación del factor de potencia se debe cumplir lo establecido en el Artículo 25 de la Resolución CREG 108 de 1997, cuyos límites se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5 Rango de valores para cumplimiento del factor de potencia

Factor de potencia	Resultados	Angulo \emptyset del diagrama de potencia	Acción a realizar para resultados fuera de rango
0,9-1 Inductivo	El 95 % de los resultados	$-25^\circ < \emptyset < 25^\circ$	Instalar equipos apropiados para controlar los resultados
0,9-1 capacitivo	El 95 % de los resultados	$-25^\circ < \emptyset < 25^\circ$	Instalar equipos apropiados para controlar los resultados

7 PROCESO DE LA CALIDAD DE LA POTENCIA EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

A continuación, se presenta el proceso de verificación de la calidad de potencia durante las etapas de diseño, conexión de cargas y operación del sistema de distribución de energía (SDE).

