

Contacto CONAMER

JCR1-GLS-Bom204269

De: Eduardo Isla <eduardo.isla@autlan.com.mx>
Enviado el: jueves, 12 de noviembre de 2020 05:18 p. m.
Para: Contacto CONAMER; Gilberto Lepe Saenz; jose.jimenezi@conamer.gob.mx; Julio Cesar Rocha Lopez
CC: Autlan Es Energia
Asunto: RV: COMENTARIOS AUTLAN CODIGO DE RED
Datos adjuntos: Oficio Conamer firmado.pdf

Buenas tardes.
Reenviamos correo.
Saludos y gracias.

De: Eduardo Isla <eduardo.isla@autlan.com.mx>
Enviado el: viernes, 30 de octubre de 2020 10:51 a. m.
Para: 'contacto@conamer.gob.mx' <contacto@conamer.gob.mx>; 'Gilberto Lepe Saenz' <gilberto.lepe@conamer.gob.mx>; 'jose.jimenezi@conamer.gob.mx' <jose.jimenezi@conamer.gob.mx>; 'Julio Cesar Rocha Lopez' <julio.rocha@conamer.gob.mx>
CC: 'Autlan Es Energia' <autlanesenergia@autlan.com.mx>
Asunto: COMENTARIOS AUTLAN CODIGO DE RED

Buenos días.

Anexo les enviamos los comentarios por parte de Compañía Minera Autlan SAB de CV en relación con el anteproyecto del Expediente 65/0011/220719 "Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía aboga la resolución RES/151/2016 y expide las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional: Código de Red", que se encuentra en el portal de la Comisión Nacional de Mejora Regulatoria ("CONAMER").

Muchas gracias de antemano.

Eduardo Isla
Energía
T +52 81 81521633
eduardo.isla@autlan.com.mx



www.autlan.com.mx

Monterrey, N.L. a 29 de octubre de 2020

José Daniel Jiménez Ibañez
Coordinador General de Proyectos Especiales
Comisión Nacional de Mejora Regulatoria

Se hace referencia al anteproyecto "Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía aboga la resolución RES/151/2016 y expide las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional: Código de Red" con Número de Expediente 65/0011/220719, se manifiesta el presente pronunciamiento en contra del "**Desbalance de Corriente**" mencionado en el **Capítulo 3. Requerimientos**, numeral **3.8 Calidad de la energía**.

Tras iniciar líneas de investigación académicas y científicas, se llega a las siguientes conclusiones:

- **El Desbalance de Corriente no repercute eléctricamente**, siempre y cuando no genere distorsión en la onda de Voltaje.
- **No se encuentra un fundamento técnico** que sustente los límites fijados en la Tabla 3.8 E. Desbalance de Corriente, e incluso se ponen en duda, ya que los límites establecidos en la Tabla 3.8 A Límites para componentes armónicas impares en % de I_L en la columna "Distorsión Armónica Total" son idénticos a los porcentajes de desbalance establecidos en el Tabla 3.8 E para tensión menor a 1 KV, a pesar de ser dos fenómenos de naturaleza distinta.
- **No existe en los estándares internacionales** limitante para este parámetro.
- **No se encontró alguna otra especificación** en compañías de Distribución o Suministro en otros países que exijan a los usuarios controlar el Desbalance de Corriente.
- **Ninguno de los Códigos de Red** analizados en la investigación contiene especificaciones relacionadas al Desbalance de Corriente.

Debido a que el Desbalance de Corriente no afecta ni a los equipos ni a la red y tampoco se encuentra en otras legislaciones o en los estándares internacionales más reconocidos, se urge a la autoridad competente **ELIMINAR LOS LÍMITES DE DESBALANCE DE CORRIENTE** para centros de carga industriales.

Atentamente



Eduardo Isla Barragán
Representante Legal
Compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V.

Anexo único. Reporte Desbalance de Corriente.

DESBALANCE DE CORRIENTE

El presente reporte es el resultado de analizar la situación de los parámetros exigibles a los usuarios conectados a la red en alta tensión y cargas mayores a 1 MW en media tensión. Debido a que el Código de Red vigente en México mandata corregir el Desbalance de Corriente con límites estrictos, se dedicaron esfuerzos a obtener una visión global cuyo resultado fue que ninguno de los estándares internacionales más usados, ni los suministradores, ni los códigos de red en otros países limitan el Desbalance de Corriente, debido a que mientras no cause distorsión en el voltaje éste no afectará cargas vecinas ni afectará la calidad de la energía en la red.

En la primera sección se habla sobre el Desbalance de Corriente y el Desbalance de Voltaje, mencionando los problemas operacionales que se le atribuyen a este último y haciendo énfasis en que, mientras el Desbalance de Voltaje esté controlado, los equipos podrán operar en condiciones normales.

En la segunda sección se menciona que el Código de Red vigente utiliza tablas transferidas de las normas de CFE. En estas tablas es posible apreciar que los límites impuestos al Desbalance de Corriente son iguales a los porcentajes que limitan el contenido armónico en corriente, siendo ambos fenómenos de origen y frecuencia distinta.

Finalmente, se enlistan los estándares, normas y Códigos de Red que fueron estudiados sin encontrar un apartado similar a la versión mexicana del último en mención en lo que respecta al Desbalance de Corriente.

Desbalances

Encontrar un caso en que el Desbalance de Corriente en un centro de carga industrial se deba exclusivamente a la carga es poco probable de igual forma un caso de voltaje nulo de secuencia negativa. Incluso definir de dónde proceden los desbalances no es una tarea fácil.

La mayoría de los centros de carga toman corriente balanceada en ausencia de desbalance de tensión en la red. Los motores trifásicos y la mayoría de los convertidores de potencia son cargas balanceadas.

El Desbalance de Corriente generalmente se origina en la distribución. Los centros de carga como casas, pequeños negocios y talleres con suministro monofásico son algunos ejemplos fuentes de Desbalance de Corriente, y aunque las compañías de distribución realizan esfuerzos considerables, no logran el balanceo en su totalidad. Lo anterior puede ser una razón por la cual no existe un Código

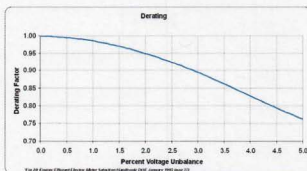
sl



de Red que limite el Desbalance de Corriente (excepto el de México, dado que la CRE adoptó una especificación técnica de CFE).

La calidad de energía eléctrica o calidad del suministro se logra con calidad del voltaje. El propósito de limitar los fenómenos, tanto de estado estable como los eventuales, es que el voltaje se encuentre libre de disturbios. Cuando el voltaje es balanceado, no presenta interrupciones, es constante en frecuencia y magnitud, siempre senoidal, libre de muescas, ruido, distorsión y transitorios, tenemos un servicio eléctrico de gran calidad. Los equipos eléctricos se ven afectados por un mal voltaje, no por una mala corriente de otro equipo en paralelo. Los equipos eléctricos comparten voltaje, no comparten corriente.

A diferencia del Desbalance de Corriente, al Desbalance de Voltaje sí se le atribuyen problemas eléctricos en equipos vecinos. El más común es el calentamiento de motores trifásicos generado por el consumo de voltaje desbalanceado, ya que éste da lugar a una a una fuerza magneto-motriz secundaria (secuencia negativa) que gira en dirección contraria a la principal. Esta fuerza no da lugar a par promedio, sino a un par pulsante que solamente ocasiona calentamiento en la jaula de ardilla. Podemos considerar que la impedancia de secuencia negativa de un motor de inducción es del 10%; lo cual implica que un voltaje con secuencia negativa del 1% dará lugar a una corriente de secuencia negativa del 10%. Es por ello que se sugiere que el voltaje de secuencia negativa no exceda el 3%. NEMA MG1 indica que con 3% de desbalance de voltaje un motor se debe degradar al 90%.



No sólo los motores se ven afectados negativamente por Desbalance de Voltaje, los rectificadores trifásicos también, y como se mencionó anteriormente, no es recomendable que estas cargas operen de manera continua con un desbalance superior al 5%.

Así como los motores de inducción tienen una impedancia de secuencia negativa muy baja, los generadores sincrónicos también, y la mayoría cuenta con una protección de secuencia negativa que actúa desconectando al generador si la corriente de secuencia negativa excede cierto valor durante un tiempo determinado.

Podemos concluir entonces que los estándares indican un límite en el Desbalance de Voltaje porque hay cargas y fuentes que operan de manera ineficiente o sufren daño al operar con voltaje de secuencia negativa que excede dicho valor. El valor del Desbalance de Voltaje en el estándar internacional IEC 61000-2-2 es 2%.

Algunos de estos estándares incluyen desbalance máximo de voltaje. Por ejemplo:

1. **ANSI C84.1 "Standard for Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings"**, indica que el voltaje en el punto de acometida no debe tener más de 3% de desbalance.
2. **IEEE Std. 141 "(Red Book) IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants"**, indica que para evitar pérdidas y calentamiento inaceptables en motores se debe limitar el desbalance al 2%, y que en algunas cargas electrónicas 2.5% es el límite superior.
3. **IEEE Std. 1100 "(Emerald Book) IEEE Recommended Practice for Powering & Grounding Electronic Equipment"**, en esta referencia imprescindible de la calidad de la energía eléctrica encontramos que el Diccionario de Términos Estándares del IEEE define desbalance de voltaje ("voltage imbalance") como la mayor desviación del promedio entre el promedio mismo de los tres voltajes, además refiere que a partir del 1% de desbalance NEMA MG1 recomienda que los motores reduzcan su carga para evitar que el calentamiento ocasionado por el desbalance del voltaje (que a su vez ocasiona desbalance de corrientes en los motores) acorte la vida de los motores, además indica que ciertas cargas electrónicas se pueden ver afectadas con apertura de fusibles y daño de componentes cuando el desbalance de tensión es alto, por lo que recomienda relevadores para desconectar el suministro cuando el desbalance es excesivo. Y aunque no sugiere un valor de ajuste para estos relevadores, sí indica que NEMA MG1 desaconseja la operación de motores con más del 5% de desbalance, por lo que éste puede ser un ajuste.
4. **IEC 61000-2-2 "Electromagnetic compatibility (EMC) Part 2-2: Environment Compatibility levels for low frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems"** es un estándar internacional que indica que el nivel de compatibilidad de desbalance (medido como la relación de componente negativa a componente positiva) es 2%. Este estándar aclara que el disturbio desbalance de voltaje es un fenómeno continuo, por lo que se registra cada diez minutos. Hay que destacar que este estándar es para baja tensión.
5. **EN 50160: "Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución de media y baja tensión."** Hasta 2% para el 95% de la semana, valores promedio de 10 minutos en valor eficaz (RMS), hasta 3% en algunos lugares. Esta norma europea (European Norm = EN) es consistente con IEC 61000-2-2, para el desequilibrio de voltaje.



Desbalance de Corriente en México

El Código de Red [1] en el apartado 3.8 Calidad de la Energía, indica que todo centro de carga debe cumplir con el requerimiento de desbalance de corriente y para ello adopta lo indicado en CFE – L000045, que corresponde a la Tabla 3.8E del Código de Red.

Impedancia Relativa o razón de corto circuito (I_{cc}/I_L)	Desbalance (%)		
	Menor a 1 kV	De 1 kV a 35 kV	Mayor a 35 kV
$I_{cc}/I_L < 20$	5.0	2.5	2.5
$20 \leq I_{cc}/I_L < 50$	8.0	4.0	3.0
$50 \leq I_{cc}/I_L < 100$	12.0	6.0	3.75
$100 \leq I_{cc}/I_L < 1000$	15.0	7.5	4.0
$I_{cc}/I_L \geq 1000$	20.0	10.0	5.0

Tabla 3.8.E. Desbalance máximo permitido en la corriente en el punto de acometida

La separación en las distintas razones de corto circuito de Tabla 3.8E es idéntica a la de la Tabla 3.8A y la columna del requerimiento de desbalance de corriente en tensiones menores a 1 kV de 3.8E es idéntica a la del requerimiento de distorsión armónica total de demanda, última columna de la misma Tabla 3.8A que se reproduce a continuación.

Impedancia Relativa o razón de corto circuito (I_{cc}/I_L)	Límites para componentes armónicas impares en % de I_L					Distorsión armónica total de demanda en % (%DATD)
	Armónicas <11	Armónicas 11 a 16	Armónicas 17 a 22	Armónicas 23 a 34	Armónicas >34	
$I_{cc}/I_L < 20$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 \leq I_{cc}/I_L < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 \leq I_{cc}/I_L < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 \leq I_{cc}/I_L < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
$I_{cc}/I_L \geq 1000$	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Tabla 3.8.A. Límites de distorsión armónica máxima permisible en corriente para tensiones menores o iguales a 69 kV.

Los requerimientos de desbalance de corriente en la Tabla 3.8E para los otros niveles de voltaje también incluyen algunos valores de distorsión armónica total de demanda de las Tablas 3.8B y 3.8C. Dado que ciertos órdenes armónicos como el 5 y 11 son rotación negativa cuando están balanceados, personal de CFE involucrado en CFE L000045 propuso limitar la secuencia negativa de la misma manera que la distorsión armónica; pero esto no tiene fundamento técnico. La armónica 5 tiene una frecuencia de 300 Hz y la armónica 11 de 660 Hz, mientras que la secuencia negativa oscila a 60 Hz.

La distorsión armónica y el Desbalance de Corriente pueden estar presentes de manera simultánea; pero son de origen muy distinto. La mayoría de las veces el Desbalance de Corriente tiene su origen en las redes de distribución, debido a que la mayoría de los centros de carga (como las casas) en este nivel de tensión son monofásicos, y la distorsión armónica tiene su origen en convertidores electrónicos y en algunas cargas.

Ausencia de Estándar Internacional

Dado que, en el Código de Red vigente en México no se profundiza acerca del Desbalance de Corriente, es decir, ni en la manera de medirlo (respecto a la corriente de carga máxima o la instantánea), ni los periodos (porcentaje de incumplimiento, medición en operación normal, etc.), se decidió buscar internacionalmente las mejores prácticas. El resultado de dicha investigación nos permite afirmar que los únicos estándares, códigos de red, normas o especificaciones técnicas que incluyen límites de desbalance de corriente son:

- Especificación Técnica de CFE L000-45
- Código de Red, CRE del 2016

Estándares Internacionales

A continuación, se enumeran los estándares de calidad de energía que fueron analizados en busca de especificaciones para medir y limitar el Desbalance de Corriente, sin resultar esta búsqueda confirmatoria. (Lista adaptada de Theo Laughner, Introduction to Power Quality, TVA, 2017).

1. **ANSI C84.1** – Standard for Electric Power Systems and Equipment – Voltage Ratings.
2. **IEC 61000** – Electromagnetic Compatibility.
3. **IEEE 519** - Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.
4. **IEEE 141** (Red Book) – Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants
5. **IEEE 1100** (Emerald Book) - Recommended Practice for Powering & Grounding Electronic Equipment.
6. **IEEE 1159** - Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
7. **IEEE 1250** - Guide for Service to Equip Sensitive to Momentary Voltage Disturbances.
8. **IEEE 1346** - Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment.
9. **IEEE 1453** - Recommended Practice for Measurement and Limits of Voltage Fluctuations and Associated Light Flicker on AC Power Systems.
10. **IEEE 1531** - Guide for Application and Specification of Harmonic Filters.
11. **IEEE C2** – National Electrical Safety Code.
12. **IEEE C62.41** - Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.

13. **IEEE 1433** – Standard Glossary of Power Quality Terminology.
14. **IEEE 1531** – Guide for the Application and Specification of Harmonic Filters.
15. **IEEE 1564** – Guide for Voltage Sag Indices.
16. **NEMA LA 1** – Surge Arresters.
17. **NEMA LS 1** – Low Voltage Surge Protection Devices.
18. **NEMA PE1** – Uninterruptible Power Systems.
19. **NFPA 70** – National Electrical Code.
20. **NFPA 780** – Lightning Protection Code.
21. **UL 96A** - Standard for Safety Installation Requirements for Lightning Protection Systems.
22. **UL 1283** - Standard for Safety Electromagnetic Interference Filters.
23. **UL 1449** - Surge Protective Devices.
24. **EN 50160** – Voltage Characteristics of Electricity Supplied by Public Electricity Networks.

Compañías de Suministro Eléctrico

Muchas compañías de suministro eléctrico tienen sus propias especificaciones de calidad de energía eléctrica. Después de una revisión documental, se encontró que en ciertos casos se limita el Desbalance de Voltaje pero solo en el caso de CFE L0000-45 se limita el Desbalance de Corriente. A continuación, un listado con algunas de estas especificaciones:

1. **PQS2000, Power Quality Specifications Manitoba Hydro.** Este distribuidor especifica 5% de desbalance máximo en redes rurales de hasta 25 kV, 4% en redes de distribución urbana y 2% o menos para voltajes superiores a 25 kV.
2. **FORTIS ALBERTA, Power Quality Specification.** Este suministrador/distribuidor indica que en los estudios de distorsión armónica se debe considerar un desbalance en voltaje del 3%.
3. **Characteristics and target values of the voltage supplied by the Hydro-Québec medium and low voltage systems.** Esta compañía eléctrica indica que el voltaje de su suministro tendrá desbalance que el 95% del tiempo no excederá el 2% y en casos de dificultad para balancear cargas monofásicas el umbral será 3%. Igual a EN 50160 e IEC 61000-2-2.
4. **Rocky Mountain Power, PacifiCorp's guidelines for voltage balance.** "Los sistemas de suministro eléctrico deben diseñarse y operarse para limitar el voltaje con máximo desequilibrio a 3% cuando se mide en el medidor fiscal sin carga. Esto corresponde a una reducción de la capacidad del motor al 90% de su capacidad de carga total según a ANSI C84.1"
5. **CFE L0000-45, Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica.** Esta especificación técnica de CFE limita el desbalance de tensión a 3% en tensiones menores a 1 kV y en 2% en tensiones de más de 1 kV. Es la única especificación que además incluye límites de desbalance de corriente.
6. **CFE L000-70. Guía de calidad de la energía: Características y límites de las perturbaciones de los parámetros de la energía eléctrica.** En cuanto al desbalance de voltaje, se aprecia consistencia con IEC 61000-2-2 y EN 50160, en la tabla siguiente:

Fenómenos de tensión en estado estable	Tipo	Ventana de medición	Límite	Cliente (porcentaje de cumplimiento)	Periodo de Evaluación
Variación de larga duración	Sobre tensión	10 min	+ 5 % Vnom	95 %	Semanal
	Bajo tensión	10 min	- 5 % Vnom	95 %	Semanal
Desbalance	Tensión	10 min	2 %	95 %	Semanal
Distorsión armónica total	Tensión	10 min	3 % (1)	95 %	Semanal
Variación de frecuencia	Alta	10 min	+ 0.5 % (2)	99.5 %	Semanal (2)
	Baja	10 min	- 0.5 % (2)	99.50 %	Semanal (2)
Flicker	Tensión	2 horas	> 25 Hz (1)	100 %	Semanal

Códigos de Red

De igual forma se revisaron los siguientes códigos de red, encontrando nada acerca del tema en cuestión.

- Código de Gran Bretaña (GB Code) 2% el 100% del tiempo. [3]
- Código de Noruega NVE Directorate Compliance Limits: 2% el 100% del tiempo. [4]
- State Grid Corporation of China "Management requirements for the technical supervision of grid power quality": 4% el 95% del tiempo.
- NRS-048 Sudáfrica 2% en redes de baja, media y alta tensión, 100% del tiempo. [5]

Conclusión

A los centros de carga industriales se les ha impuesto cumplir con parámetros de Calidad de la Energía usando los estándares más estrictos. Sin embargo, la mayoría son de debida observancia para aprovechar al máximo el suministro eléctrico y alargar la vida útil de los equipos. A pesar de que estas correcciones no son inmediatas ni económicas, no se ha dejado de dirigir esfuerzos para lograr cabal cumplimiento al ritmo que el mercado lo permita.

Por otro lado, particularmente el Desbalance de Corriente es un parámetro con límites impuestos sin fundamento, y para el cuál no existe solución económicamente viable. Como resultado de la investigación que produjo el presente reporte, se ha concluido que las normas más importantes de Calidad de la Energía no limitan la corriente de secuencia negativa, principalmente porque no causa afectación a los equipos vecinos ni repercute en la estabilidad de la red.

Referencias

- [1 COMISION REGULADORA DE ENERGIA, «Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.».
- [2 National Grid, «Review of Voltage Unbalance Limit in The GB Grid Code CC.6.1.5 (b),» [En línea].
] Available: <https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/37643-Voltage%20Unbalance%20Report.pdf>.
- [3 «Regulations relating to the quality of supply in the Norwegian power system,» [En línea].
] Available: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/vedlegg/lover-og-reglement/reg_no_1557_of_30_november_2004.pdf.
- [4 ELECTRICITY SUPPLY — QUALITY OF SUPPLY, «Part 2: Voltage characteristics, compatibility levels, limits and assessment methods,» [En línea]. Available: <http://www.nersa.org.za/Admin/Document/Editor/file/Electricity/IndustryStandards/NRS048%20part%202.pdf>.

30

