

# Impacto de Sags de Tensión en Transformadores Trifásicos -Y ante Diferentes Tipos de Cargas Trifásicas Balanceadas

J.L. García-Villalón<sup>1</sup>, F.S Sellschopp-Sánchez<sup>1</sup>, R. Vargas-Salas<sup>1</sup>

**<sup>1</sup>Resumen**— En el presente trabajo se realiza el análisis del impacto de diferentes niveles de sags de tensión en un transformador trifásico con conexión Delta-Estrella debido a una falla de línea a tierra en lado fuente. La presencia de sags de tensión debido a las fallas de línea a tierra es uno de los problemas que se presentan frecuentemente y de mayor impacto en los sistemas eléctricos de potencia ya que son considerados como un gran problema para la industria en el ámbito de la calidad de la energía. Con la finalidad de comprender el comportamiento del transformador hacia la industria debido a estos sags, se realizan simulaciones en PSCAD/EMTDC considerando diferentes características de cargas trifásicas balanceadas, como lo son: resistivas, inductivas y capacitivas.

También se presenta la clasificación general de los diferentes tipos de sags de tensión, así como la caracterización de estos.

**Palabras claves**— Calidad de la energía, conexión de transformadores, fallas en redes eléctricas, Sags de tensión.

**Abstract**— Analysis of impact due to different voltage sags levels feeding a Delta-Wye power transformer due to a line to ground fault on the source side is presented. Voltage sags due line to ground faults occurs frequently at the power systems, so they are considered as potential problem for industries because the power quality becomes poor. In order to comprehend the power transformer behavior due to sags to the industry side, simulation modeling by PSCAD/EMTDC is carried on, considering different balanced three-phase loads such as: resistive, inductive and capacitive.

General classifications of different kind of voltage sags and their characteristics are also shown.

**Keywords**— Power quality, power transformer connections, electric network faults, voltage sags.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la importancia del estudio de sags de tensión ha aumentado debido al gran impacto que estos generan en los dispositivos electrónicos empleados principalmente en el ámbito de automatización, comunicaciones y equipo sensible.

Los sags de tensión en sistemas eléctricos se definen como abatimientos de tensión de corta duración sobre el valor eficaz (rms) de la tensión de alimentación, estos son generados principalmente por dos causas, las cuales tienen su origen en la conexión de grandes cargas y en la existencia de fallas en la red eléctrica.

La gran importancia del estudio y análisis de los sags de tensión radica en el gran impacto que generan y en el efecto que ocasionan en equipos eléctricos y electrónicos de alta sensibilidad, tales como variadores de velocidad, equipo de control de procesos, procesadores de señales, entre otros, [2].

El problema de contar con buenos índices de calidad de la energía ha tomado gran importancia en los últimos años por lo que el estudio de los disturbios que ocasionan los sags en la red eléctrica es tema de importancia para el óptimo funcionamiento y desempeño de los equipos eléctricos y electrónicos. Generalmente los sags de tensión que se asocian con problemas de calidad de energía, son generados debido a fallas en el sistema eléctrico y de las acciones de protección necesarias para aislar las secciones de falla, [1], [2].

En este sentido los sags de tensión se catalogan de corta duración, que típicamente tienen una duración que van desde 0.5 ciclos hasta 3 minutos de duración, [7].

Las redes eléctricas de potencia cuentan con una gran cantidad de transformadores eléctricos que adecuan el nivel de tensión para la alimentación de cargas, o para la transmisión o distribución de la energía eléctrica. Al considerarse la existencia de sags desbalanceados en la red de alimentación, éstos son recibidos por los devanados de los transformadores, en donde para transformadores de conexión -Y o viceversa existe una afectación directa en los devanados secundarios dando como resultado la modificación de las amplitudes y un importante corrimiento de fases asimétrico que dependen del nivel de sag y del nivel de carga que se encuentran alimentando [1].

En este trabajo se muestran resultados de un estudio realizado en PSCAD/EMTDC donde se modela un transformador trifásico con conexión -Y alimentado con una fuente trifásica, así mismo se emplearán diferentes tipos de cargas trifásicas balanceadas sometidas al tipo de desbalance que arrojen los estudios de sags en el transformador. Al sistema de alimentación trifásico se le aplican fallas de fase a tierra con diferentes niveles de

<sup>1</sup> J. Luis García Villalón ([luisgarcia\\_villalon@hotmail.com](mailto:luisgarcia_villalon@hotmail.com))

<sup>1</sup> Francisco Sergio Sellschopp Sánchez ([sellschopp@hotmail.com](mailto:sellschopp@hotmail.com))

<sup>1</sup> Ricardo Vargas Salas ([rvargas07@hotmail.com](mailto:rvargas07@hotmail.com))

Instituto Tecnológico de la Laguna

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Bldv. Revolución y Calz. Instituto Tecnológico de la Laguna S/N,

Torreón, Coahuila, México

severidad, por lo que se analizará el comportamiento de las tensiones y corrientes secundarias en el transformador.

II. CARACTERIZACIÓN DE SAGS DE TENSIÓN

En el estudio de *sags*, su caracterización está basada en el nivel de tensión abatida, en otras palabras, se determina mediante el nivel de abatimiento de tensión del valor rms con respecto a la tensión nominal. La profundidad del *sag* es calculado con el nivel de tensión en volts o en valores por unidad (pu), al igual que la tensión residual. En la figura 1 se muestra como se describe la representación gráfica de un *sag* de tensión en donde se aprecia la tensión residual y la profundidad del *sag*.

La variación de tensión, como los *sags* e interrupciones momentáneas son fenómenos que preocupan a los usuarios industriales ya que no se pueden prevenir completamente. Las interrupciones son menos frecuentes que los *sags*, por lo que los *sags* llegan a ser más problemáticos debido a que éstos no se logran apreciar de la misma manera que lo hace una interrupción de la alimentación. El impacto de los *sags* depende principalmente de tres factores, como son: la magnitud residual de tensión durante el disturbio, el tiempo de duración y de la sensibilidad del equipo. La tabla I muestra una clasificación general de *sags* de tensión en base al tiempo de duración y a la tensión residual, [6].

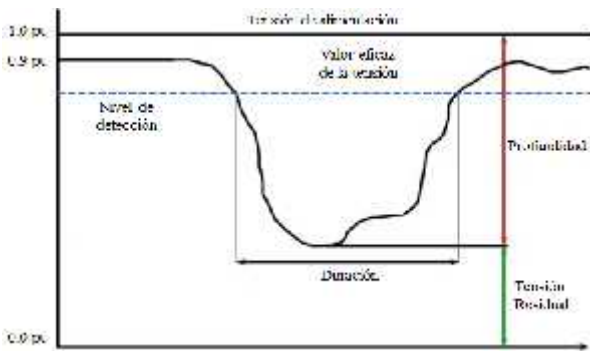


Fig.1. Descripción general de un *sag* de tensión

Tabla I  
CLASIFICACIÓN DE SAGS DE TENSIÓN, [7]

Disturbios	Tipo de disturbios		
	Instantáneos	Momentáneos	Temporales
SAGS	0.5-30 ciclos (0.1 - 0.9 pu)	30ciclos-3seg (0.1 - 0.9 pu)	3seg-1min (0.1-0.9 pu)
Interrupciones	-	0.5ciclos-3seg < 0.1 pu	3seg-1min < 0.1 pu

Los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica son comúnmente de carácter trifásico por lo cual la presencia de fallas monofásicas, bifásicas y trifásicas en la red eléctrica genera diferentes tipos de *sags*

dependiendo de la magnitud y del corrimiento angular de cada una de las fases durante el disturbio. El corrimiento de fase afecta principalmente la operación de convertidores con control de ángulo de disparo. Cabe mencionar que el 80% de las fallas en la red se deben a fallas monofásicas siendo esta una de las principales causas de abatimientos de tensión, [4]-[5].

En la red eléctrica la magnitud del efecto producido por el *sag* depende de la robustez de la red, es decir, de la impedancia en el punto de acoplamiento común (PCC), es decir, depende directamente de la topología de la red, las cargas y de los generadores cercanos al punto de falla, [6].

El estudio de *sags* de tensión está basado en una clasificación de siete tipos de *sags* (tipo A, B, C, ..., G) de acuerdo al tipo de falla que se presente y en el tipo de conexión del transformador.

El *sag* tipo A es generado por una falla trifásica y causa una reducción asimétrica de la tensión en las tres fases. La tensión residual de las fases depende de la distancia entre el punto de falla y de la ubicación en donde se está observando el *sag* de tensión. Este tipo de evento se observa sobre cargas conectadas en delta o estrella. El *sag* tipo B es producido por una falla de línea a tierra causando una reducción de tensión únicamente en la fase fallada con respecto al neutro. Este tipo de *sag* se puede observar en cargas conectadas en estrella. En la figura 2 se muestra el esquema fasorial de los *sags* tipo A y B.

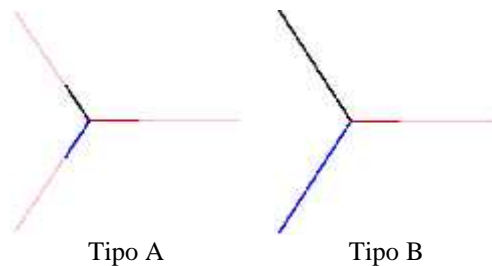


Fig.2. Diagrama de los *sags* de tensión tipo A y B

El *sag* tipo C se genera por medio de una falla bifásica ocasionando un abatimiento de tensión en dos fases, conjuntamente con cambios en el ángulo de fase. En cargas conectadas en estrella se puede observar este fenómeno. El *sag* tipo D surge de la ocurrencia de una falla entre líneas en el sistema; en este se presenta cambios de tensión en cada una de las tres fases, las cuales se reducen en valores diferentes, de igual forma presenta afectación angular, haciendo que la diferencia angular difiera de los 120 grados entre las tensiones de fase. Este evento se observa en cargas conectadas en delta. Los tipos de *sags* C y D se muestran en la figura 3.

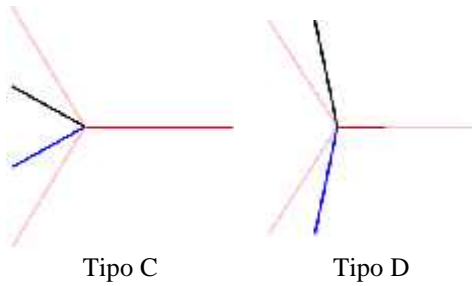


Fig.3. Diagrama de los sags de tensión tipo C y D

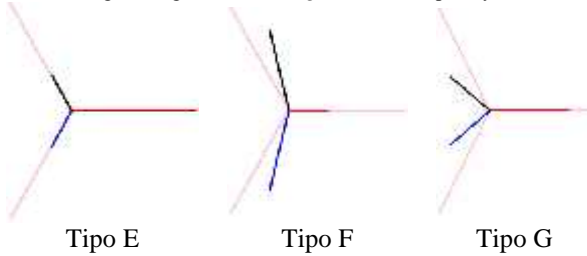


Fig.4. Diagrama de los sags de tensión tipo E, F y G

El sag tipo E se presenta ante una falla bifásica a tierra generando una reducción de tensión en dos fases sin generar desfasamiento angular entre ninguna fase. Este evento se observa en cargas conectadas en estrella y sus características están ligadas a las condiciones de puesta a tierra de la carga; este sag es considerado uno de los de mayor impacto. El sag tipo F presenta una disminución de magnitudes diferentes en cada una de las tensiones de fase, generado por una falla entre líneas. En este tipo de sag los fasores son afectados en magnitud entre fases y angularmente, causando un desbalance total en el sistema. Finalmente el sag tipo G presenta una reducción considerable en dos fases ocasionado por una falla bifásica a tierra. La figura 4 muestra la representación fasorial de los tipos de sags E, F y G. La tabla II muestra la representación fasorial de cada sag.

Tabla II  
FASORES DE TENSIÓN PARA CADA TIPO DE SAG

<p>Tipo A</p> $V_a = V$ $V_b = \frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V$ $V_c = \frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$	<p>Tipo B</p> $V_a = V$ $V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V$ $V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$	<p>Tipo C</p> $V_a = V$ $V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V$ $V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$	<p>Tipo D</p> $V_a = V$ $V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V$ $V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$
<p>Tipo E</p> $V_a = V$ $V_b = -\frac{1}{2}V - j\frac{\sqrt{3}}{2}V$ $V_c = -\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{2}V$	<p>Tipo F</p> $V_a = V$ $V_b = -\frac{\sqrt{3}}{3}V - j\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{6}V$ $V_c = -\frac{\sqrt{3}}{3}V - j\frac{1}{2}V + j\frac{\sqrt{3}}{6}V$	<p>Tipo G</p> $V_a = \frac{1}{3}V$ $V_b = -\frac{1}{3}V - j\frac{1}{6}V + j\frac{\sqrt{3}}{6}V$ $V_c = -\frac{1}{3}V - j\frac{1}{6}V + j\frac{\sqrt{3}}{6}V$	

La representación matemática para cada tipo de sag de tensión muestra el fasor de tensión de cada fase.

Esta tabla es muy importante ya que da a conocer la magnitud y el desplazamiento angular entre las tensión de cada uno de los tipos de sags, donde el valor absoluto del fasor corresponde al valor rms del voltaje y el ángulo del fasor nos indica el llamado ángulo de fase. [1], [3].

### III. SAGS POR FALLA LÍNEA-TIERRA EN LA RED ELÉCTRICA

Los sags más severos se deben a fallas de corto circuito. Los diferentes tipos de fallas nos llevan a tener diferentes tipos de sags de tensión. En el caso de las fallas de línea a tierra se generará un abatimiento de la fase fallada, pero cuando existe un transformador aguas abajo y su conexión es -Y o Y-, se tiene una afectación particular en el devanado secundario del transformador y en consecuencia se verán afectadas las cargas. Al ocurrir una falla de línea a tierra, una conexión en estrella se caracteriza por tener un abatimiento de tensión en la fase fallada, pero sin tener cambio en la magnitud ni en el ángulo de las tensiones de las otras líneas. Por otra parte, el abatimiento de una fase para una conexión en delta se caracteriza por tener disminución en la magnitud de tensión y desfasamiento angular en dos fases, sin embargo el tercer fasor de tensión no es afectado. En la figura 5 se muestra la representación fasorial de los tipos de sags que se generan:

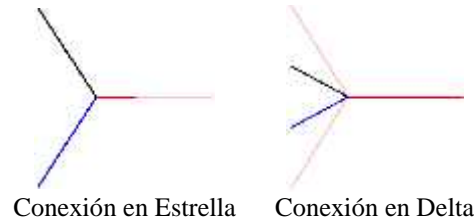


Fig.5. Diagrama de los sags con conexiones Estrella y Delta ante abatimiento de una fase

Cabe mencionar que no es posible distinguir el tipo de sag de tensión solamente por sus características fasoriales sino también es necesario conocer el tipo de fallas que lo produjo. Debido a la presencia de transformadores en los sistemas de potencia es muy raro que las cargas experimenten sags de tensión al mismo nivel de tensión que fue producido por la falla, debido a esto es importante conocer el impacto que generan los sags de tensión en transformadores y sus diferentes tipos de conexión.

### IV. TIPOS DE CARGAS

En una red o circuito eléctrico, a los elementos pasivos conectados en paralelo se les conoce como cargas, ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de la intensidad de corriente que circule en ellas, por lo que dicha corriente se le conoce como corriente de carga de características resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo de la predominancia que se tenga.

**Carga resistiva**

La intensidad de corriente está en fase con la tensión. La característica de esta carga es que el ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente es cero, por lo tanto se dice que tiene un factor de potencia unitario. Hornos eléctricos resistivos, lámparas de luz incandescentes, calefactores son ejemplos de cargas resistivas.

**Cargas Inductivas**

Bobinas de motores y transformadores son ejemplos de cargas inductivas en donde la característica principal es la de almacenar y consumir energía eléctrica convirtiéndola en energía magnética generado al circular una corriente eléctrica en estos elementos. La corriente se encuentra atrasada con respecto al voltaje, existe un desfase negativo de -90 grados. En este caso se tiene un factor de potencia en atraso.

**Cargas capacitivas**

Capaces de almacenar energía en forma de campo eléctrico, en donde la intensidad de corriente adelanta a la tensión en 90 grados, los bancos de capacitores son un ejemplo de cargas capacitivas.

**Cargas compuestas**

Formada por una parte resistiva dispuesta en paralelo con parte inductiva y/o capacitiva, estas cargas representan motores eléctricos, reactores inductivos y capacitivos, líneas de transmisión en vacío, transformadores, lámparas fluorescentes, etc. La figura 6 muestra la representación de una carga compuesta en una parte resistiva y otra parte de tipo inductiva.

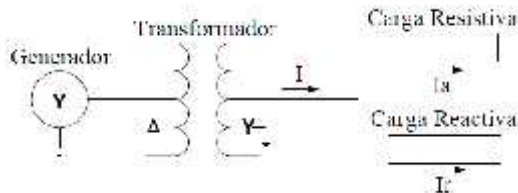


Fig.6. Carga compuesta por una carga resistiva e inductiva.

**V. SIMULACIÓN DE SAGS DE TENSION MEDIANTE PSCAD/EMTDC**

El análisis del impacto de los sags de tensión en transformadores con conexión Delta-Estrella se realizó con la ayuda del programa computacional de sistemas eléctricos PSCAD/EMTDC. La representación del circuito del sistema eléctrico bajo estudio se muestra en la figura 7, donde se tiene una fuente de tensión trifásica aterrizada conectada a una carga mediante un transformador trifásico de 115/13.8kV, 60Hz, 20 MVA y conexión Delta-Estrella. A este sistema se le aplican fallas de línea a tierra de diferente severidad para obtener diferentes porcentajes de abatimientos en el punto de acoplamiento común (PCC) con el transformador y la fuente de tensión. De esta manera se analizará la propagación de los sags de tensión en transformadores así como su impacto en las terminales

de la carga. El sistema eléctrico trifásico desarrollado en PSCAD se muestra en la figura 8.

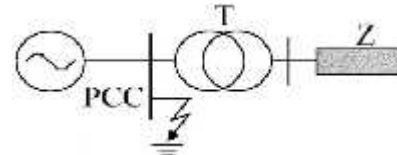


Fig.7. Esquema eléctrico para el modelado de sags de tensión.

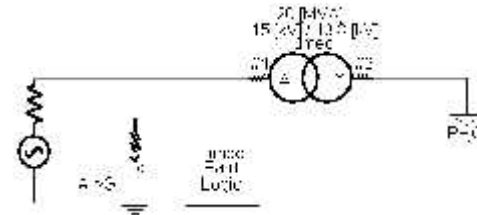


Fig.8. Representación unifilar del sistema trifásico de estudio.

El análisis realizado consistió en generar diez diferentes magnitudes de abatimiento en el lado de la fuente, por medio del cálculo de resistencias de falla con las cuales fue posible generar abatimientos de 10% en una de las fases hasta llegar a perder el total de la tensión de la línea. El principal objetivo es conocer los niveles de tensión y el desfase angular en el lado secundario del transformador, ya que los niveles bajos de tensión pueden afectar a la carga de mayor sensibilidad.

La conexión Delta-Estrella es comúnmente utilizada en el ámbito industrial cuando se requiere reducir la tensión de alimentación, sin embargo además de cambiar las magnitudes de tensión de línea a línea, se tiene que las tensiones de línea a línea en el lado de la Estrella se desfasan 30 grados a las correspondientes tensiones en el lado de la Delta. En la figura 9 se muestra las formas de onda de las tensiones trifásicas en el lado de la fuente al generar un abatimiento de tensión al 50% en la fase A aplicando una falla de línea a tierra con la fuente trifásica sólidamente aterrizada.

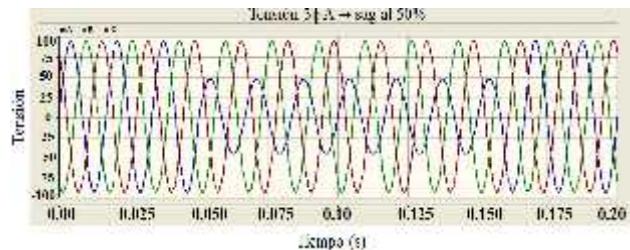


Fig.9. Tensión trifásica con 50% de abatimiento en una fase.

En la figura 10 se muestra como se expresa el diagrama fasorial del mismo fenómeno donde se muestra la tensión del lado de la fuente así como la tensión en el devanado secundario del transformador con conexión Delta- Estrella.



Para los transformadores conectados en Delta-Estrella se tiene que el *sag* debido a la falla de fase a tierra a cualquier nivel de abatimiento se puede clasificar en un *sag* tipo C siempre y cuando las mediciones que se realicen sean de fase, ya que dependiendo del tipo de medición que se realice será el tipo de *sag* que se aprecie en el análisis. Realizando mediciones de línea en el mismo transformador ante el mismo tipo de falla y porcentaje de abatimiento resulta en un *sag* tipo D.

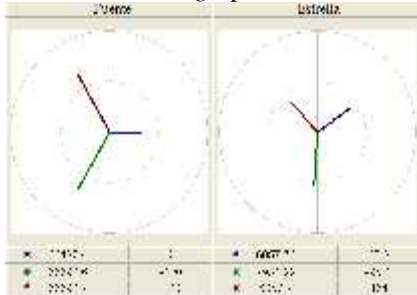


Fig. 10. Representación fasorial de las tensiones trifásicas ante un abatimiento del 50% en una fase de la fuente.

Para la conexión Delta-Estrella realizando mediciones de fase en la Estrella, el impacto de fase fallada se ve reflejado en las fases A y C presentando un abatimiento similar en ambas fases y un corrimiento angular de las mismas fases, mientras que la fase B permanece sin cambio alguno tanto en magnitud como en ángulo. La figura 11 muestra la representación fasorial de las tensiones en los diferentes tipos de cargas conectado al secundario del transformador (Y) sobre el efecto que se genera ante la presencia de sag en lado fuente, además se aprecia el abatimiento de tensión en cada una de las fases así como el desfase angular ante diferentes niveles de *sags* de tensión. Sin embargo al realizar mediciones entre líneas, el secundario del transformador se ve afectado considerablemente en la tensión entre fases C-A con la característica de que no presenta corrimiento angular, mientras que A-B y B-C muestran entre ellos un abatimiento similar pero de menor magnitud que C-A aunque A-B y B-C presentan un corrimiento angular considerable. La presencia de *sags* a cualquier nivel de tensión son considerados de gran interés debido al daño que pueden generar en los equipos electrónicos, sin embargo, un *sag* del 10% es considerado el *sag* más severo. Los resultados obtenidos de las mediciones de línea en el secundario del transformador se muestran en el diagrama fasorial de la figura 12, además se aprecia el corrimiento angular y el abatimiento de tensión en cada una de las mediciones de línea. Los diagramas fasoriales mostrados en las figuras 11 y 12, engloban los diez niveles de *sags* generados en el lado fuente, lo cuales se generaron en porcentos de diez sobre el nivel de tensión de alimentación hasta llegar a la pérdida total de la línea para ser considerada una interrupción y no un *sag*.

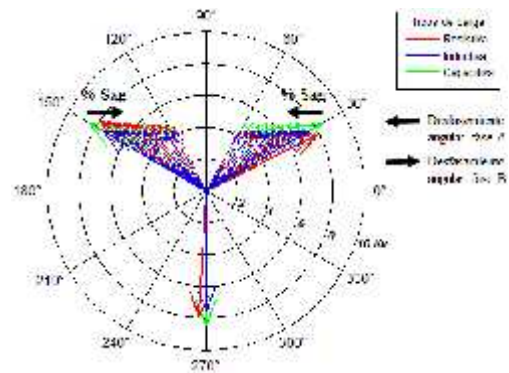


Fig. 11. Representación fasorial de las tensiones de fase de los diferentes tipos de cargas ante distintos niveles de *sags* de tensión.

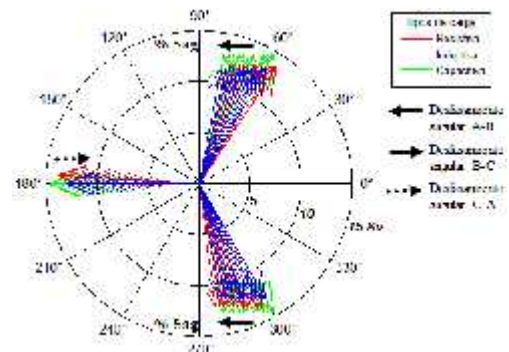


Fig. 12. Representación fasorial de las tensiones de línea de los diferentes tipos de cargas ante distintos niveles de *sags* de tensión.

El buen funcionamiento y operación de los equipos eléctrico/electrónicos depende en gran parte de la calidad de la energía con la que se alimenten estos equipos, por lo que al abastecer cargas con tensiones desbalanceadas, estas generan un consumo de corrientes desbalanceadas. Además del análisis de las tensiones desbalanceadas se analizó el comportamiento de las corrientes en cada uno de los tipos de cargas ante la presencia de *sags* de tensión.

El impacto de diferentes niveles de *sags* de tensión en lado fuente se ve reflejado en la corriente de las cargas, las cuales se muestran en la figura 13, en donde se ve afectación en las magnitudes de corriente y desfase angular en las fases A y C, mientras que la fase B no muestra cambios ni en magnitud ni en ángulo. La corriente de las cargas resistivas está en fase con la tensión por lo que presenta un comportamiento similar al mostrado en la figura 11. Por otro lado, las corrientes de las cargas inductivas y capacitivas muestran un desfase de 90 grados en atraso y adelanto con respecto a la tensión respectivamente. El comportamiento tanto de las tensiones como de las corrientes en el secundario del transformador ante mediciones de fase muestra grandes similitudes entre los distintos tipos de cargas ya que el desfase angular y abatimiento en magnitud se presenta en las fases A y C, mientras que la fase B permanece sin cambios en

ángulo ni en magnitud.

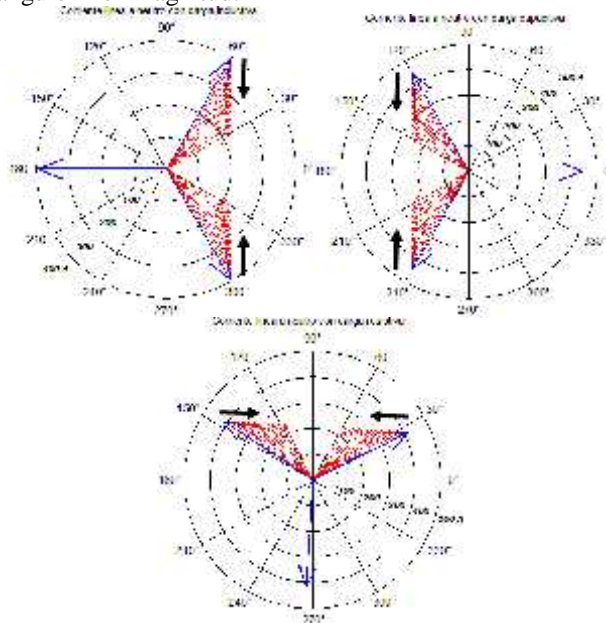


Fig.13. Representación fasorial de las corrientes de los diferentes tipos de cargas ante distintos niveles de sags de tensión.

## VI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó el impacto de los sags de tensión en transformadores con conexión -Y mostrando interés en las tensiones y corrientes del secundario del transformador ante diferentes tipos de cargas trifásicas conectadas al secundario del transformador. Podemos concluir que el estudio de los sags de tensión es de suma importancia ya que el tipo conexión del transformador y el tipo de falla, determina el impacto del sag.

En este estudio, los sags obtenidos en el secundario del transformador, considerando los diferentes tipos de cargas, resulta similar ya que el abatimiento y corrimiento angular se presentan en las mismas fases. Por otra parte se observa que se obtienen resultados diferentes dependiendo del tipo de medición que se realice; ante mediciones de fase se destacan sags tipo C, mientras que en mediciones de línea se observan sags tipo D. Finalmente los sags de tensión causan severos problemas a los cuales se les debe de dar una solución pronta, ya que conllevan a problemas serios en sistemas de potencia, reflejándose en pérdidas económicas debido a la salida de operación de equipos eléctrico/electrónicos.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, al permitir el uso de las instalaciones del Instituto Tecnológico de La Laguna, así como al CONACyT por los recursos otorgados.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] M.H.J. Bollen, *Understanding Power Quality Problems—Voltage Sags and Interruptions*. IEEE Press Series on Power Engineering, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2000.
- [2] Roger C. Dugan, *Electrical Power Systems Quality*, 2nd ed, McGraw-Hill.
- [3] Lidong Zhang y Math H. J. Bollen, "Characteristic of Voltage Dips (Sags) in Power Systems", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 15, No. 2, Abril 2000. Gothenburg, Sweden.
- [4] Central Station Engineers of Westinghouse Electric Corporation, *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*,
- [5] Math H. J Bollen, "Voltage Recovery after Unbalanced and Balance Voltage Dips in Three-Phase Systems", *IEEE Trans. On Power Del.*, Vol. 1, pp.1376-1381, Oct. 2003.
- [6] M. McGranaghan, D. R. Mueller, and M. Samotyj, "Voltage sag in industrial systems," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 29, no. 2, pp. 397-403, Mar./Apr. 1993.
- [7] *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Standard Coordinating Committee 22 on Power Quality 1159-1995, June. 1995.

## IX. BIOGRAFÍA



**J. L. García Villalón.** Nació en Torreón Coahuila el 25 de Mayo de 1992. Egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna de la carrera de Ingeniería Mecatrónica con especialidad en procesos de manufactura industrial en Agosto 2014 en Torreón, Coahuila, México.

Actualmente cursa la maestría en ciencias en ingeniería eléctrica en el mismo instituto. Sus áreas de investigación son la calidad de la energía eléctrica, máquinas eléctricas, protecciones eléctricas y procesos de automatización industrial.



**Francisco Sergio Sellschopp Sánchez.** Nació en Cd. Victoria, Tamaulipas el 26 de Agosto de 1974. Egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de Tepic en 1994 en la ciudad de Tepic, Nayarit, México. Obtuvo el grado de M.C. en Ingeniería Eléctrica en 1999 en el Instituto Tecnológico de La Laguna y en 2003, el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en el mismo instituto en la ciudad de Torreón, Coahuila, México.

Actualmente forma parte de la planta académica del posgrado de Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en Torreón, Coahuila. Sus áreas de investigación son máquinas y redes eléctricas, calidad de la energía, estimación paramétrica y observadores.

El Dr. Sellschopp es reconocido como perfil deseable PROMEP además de ser miembro de la IEEE.



**Ricardo Vargas Salas.** Nació en Torreón Coahuila el 7 de Agosto de 1949. Egresado de la carrera del Instituto Tecnológico de la Laguna de la carrera de Ingeniería Industrial con opción en Eléctrica en Julio de 1971 en Torreón Coahuila. Obtuvo el grado de M.C. en Ingeniería Eléctrica en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en Junio de 1975.

Es profesor investigador del Departamento de Estudios de Posgrado en Investigación del ITL en la ciudad de Torreón Coahuila.

Sus áreas de interés son el control de máquinas eléctricas, estudios de estabilidad, Sistemas eléctricos de potencia.

Ha participado en diferentes congresos, entre los cuales se encuentran recientemente RVP-AI del IEEE en 2013 y el CNIES también en 2013.