

## **Simulación en Multisim® y LabView® para probar la eficiencia del banco de capacitores en presencia armónicos**

Autor: Osvaldo Antonio Jiménez Luna. Coautor 1: Ing. Julio Cesar Rodríguez López, Coautor 2: MIA Celia Fernández Vázquez, Coautor 3: Ing. María Isabel Arias prieto.

Departamento de Ingeniería en Mantenimiento Industrial  
**Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz**  
**Cuitláhuac, Veracruz. México**

20183g101348@utcv.edu.mx, julio.rodriguez@utcv.edu.mx, celia.fernandez@utcv.edu.mx,  
maría.arias@utcv.edu.mx

---

**Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz**

**Cuerpo Académico:** Gestión de calidad y Eficiencia Industrial

**LIIADT:** LÍNEA DE INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN APLICADA Y DESARROLLO

TÉCNOLOGICO

# **Simulación en Multisim® y LabView® para probar la eficiencia del banco de capacitores en presencia armónicos**

por

Autor: Osvaldo Antonio Jiménez Luna. Coautor 1: Ing. Julio Cesar Rodríguez López, Coautor 2: MIA Celia Fernández Vázquez, Coautor 3: Ing. María Isabel Arias prieto.

Departamento Ingeniería en mantenimiento Industrial  
Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
Ciudad, Estado, País

20183g101348@utcv.edu.mx, julio.rodriguez@utcv.edu.mx, celia.fernandez@utcv.edu.mx,  
maría.arias@utcv.edu.mx

---

## **Resumen**

Esta investigación se llevó a cabo para comprobar la eficiencia de un banco de capacitores en presencia de armónicos; mediante simulación de software Multisim® y LabView® de National Instruments, las cuales generan distorsión en la tensión e intensidad dentro de las redes eléctricas industriales. Esta investigación contiene el planteamiento del problema que originó el desarrollo del mismo debido a que en México dentro del marco eléctrico-legal las industrias en las que el factor de potencia interviene están obligadas a mantenerlo en un valor mínimo de 90%; por lo que la aplicación necesaria para tal efecto es un banco de capacitores, además, dentro del contenido del documento se realizó la descripción de los objetivos general y específicos que emanan del planteamiento establecido; la metodología que se aplicó para el desarrollo de la investigación, de dónde se obtienen los resultados, conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros que forman parte del entregable.

## **Palabras clave:**

- Factor de potencia. Para evitar una penalización su valor mínimo debe ser de 0.90
- Banco de capacitores. Se determinará el valor correspondiente del mismo para la corrección del FP.
- Armónicos. Los valores máximos permisibles para onda de baja tensión en la acometida del sector industrial están en 1.5 y 2.5% de manera individual y total respectivamente.
- Eficiencia. La prueba de eficiencia del banco de capacitores se hará bajo las condiciones del objetivo general.

## **Introducción**

La presente investigación tiene como finalidad mostrar el modelamiento de un circuito práctico (real) y comprobar el funcionamiento óptimo de un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia en presencia de armónicos; dentro de esta, fue posible dilucidar que en los circuitos eléctricos industriales las cargas no lineales han proliferado entre otros debido al uso de dispositivos electrónicos, como por ejemplo sistemas de alumbrado; generando distorsión armónica, lo que llega a afectar los parámetros eléctricos de tensión e intensidad, mismos que si no se encuentran dentro de los valores permitidos por norma pueden llegar a afectar el funcionamiento óptimo de los diferentes dispositivos conectados a la red eléctrica; como puede ser el banco de capacitores.

Dentro de la estructura del documento se encontrarán los diferentes elementos que fueron objeto de análisis, y que ayudarán a afirmar o negar cada uno de los planteamientos previamente establecidos.

El entendimiento del factor de potencia, sus efectos, ventajas y desventajas, así como su corrección por medio de un banco de capacitores; además, comprendió que la calidad de la energía dentro una red eléctrica debe ser la óptima, ya que, con la presencia de cargas no lineales se generan armónicos y esta se ve afectada.

Se establece entonces una serie de pasos a seguir para el desarrollo del documento, estos fueron definidos mediante un sistema metodológico, que fue capaz de describir las diversas etapas por las cuales este fue llevado a cabo. Cabe hacer mención que emanado de esto se ha podido lograr de una manera clara fundamentar los objetivos, justificación, limitaciones y alcances que emanan de la investigación.

Las pruebas realizadas por medio de simulación de software eléctrico y electrónico, que ayudaron a comprobar, si el banco de capacitores es capaz de corregir o no el factor de potencia en presencia de armónicos, debido a ello se describe la manera en que todo esto se realizó, derivado del sistema metodológico antes establecido, y con el firme propósito de dar a conocer los resultados.

## Discusión (Temas)

Para efectos de las pruebas se determinaron los parámetros eléctricos que definen la simulación del circuito en Multisim, partiendo de que, en el sistema trifásico se pretende aumentar el FP a 0.95, por lo consiguiente se tienen los datos:

Tabla 5 Parámetros eléctricos del circuito

Descripción	Valor
$\theta_1$	53.13°
$\theta_2$	18.19°
$S$	439.04VA
$Q$	351.23VAR
$R$	37.31Ω
$Z$	29.8Ω
$L$	79mH
$C$	42μF

Derivado de los resultados obtenidos es posible determinar para la configuración del circuito en Multisim, los siguientes parámetros eléctricos:  $P = 264W$ ,  $Z = 29.8\Omega$ ,  $L = 79mH$ ,  $C = 42\mu F$ .

Para el modelamiento y análisis de armónicos de redes industriales se tomará en cuenta la forma de onda fundamental — sinusoidal — a 60 Hz, donde simulando la distorsión armónica con el software LabView®. Bajo esta referencia, es conocido que la onda fundamental es simétrica, por lo que para efectos de esta simulación se introducirán sólo las ondas presentes en los armónicos impares. En la figura 1 se puede observar el diseño creado para la simulación.



Figura 1. Diseño de ondas armónicas impares en LabView

La amplitud — tensión — de la onda fundamental es de  $128V$ , al momento de ejecutar su par en la simulación esta resulta en  $181.0193V$ , esto debido a la presencia de distorsión armónica en la red eléctrica. (figura 2).

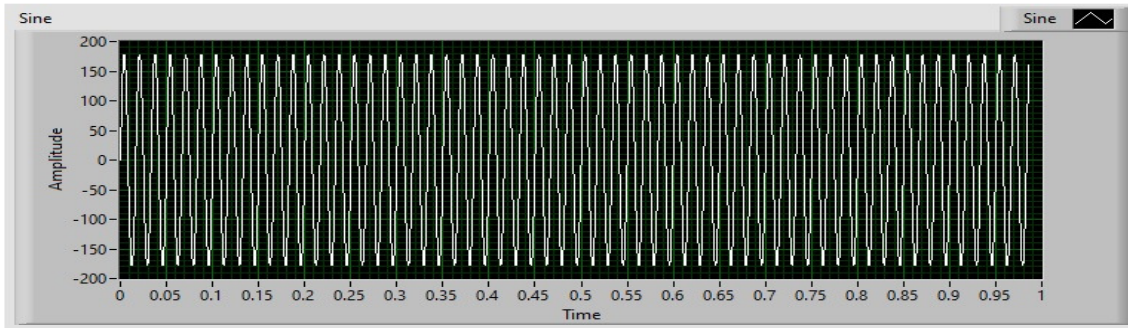


Figura 2. Simulación de la onda en distorsión armónica en LabView

El circuito está diseñado en base a los parámetros eléctricos descrito anteriormente, por lo que en función de ello se exporto el exporto el archivo que contiene la distorsión armónica en tensión, a la par de esto el capacitor será conectado al circuito. En la figura 2 se puede observar la simulación en condiciones normales en lo que tensión y distorsión se refiere, con el FP al 0.60.

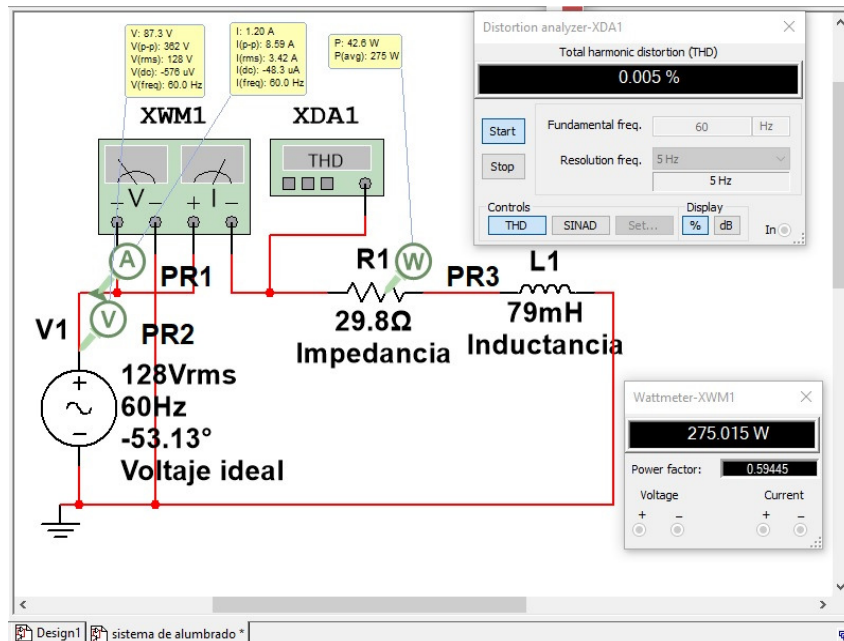


Figura 3. Simulación del circuito de alumbrado con FP al 0.60

En la figura 4 se puede observar el circuito con la corrección del FP al 0.95, siendo esto posible gracias a la instalación del banco de capacitores, de acuerdo con el valor de  $42\mu F$  el cual fue obtenido del resultado que involucra su cálculo.

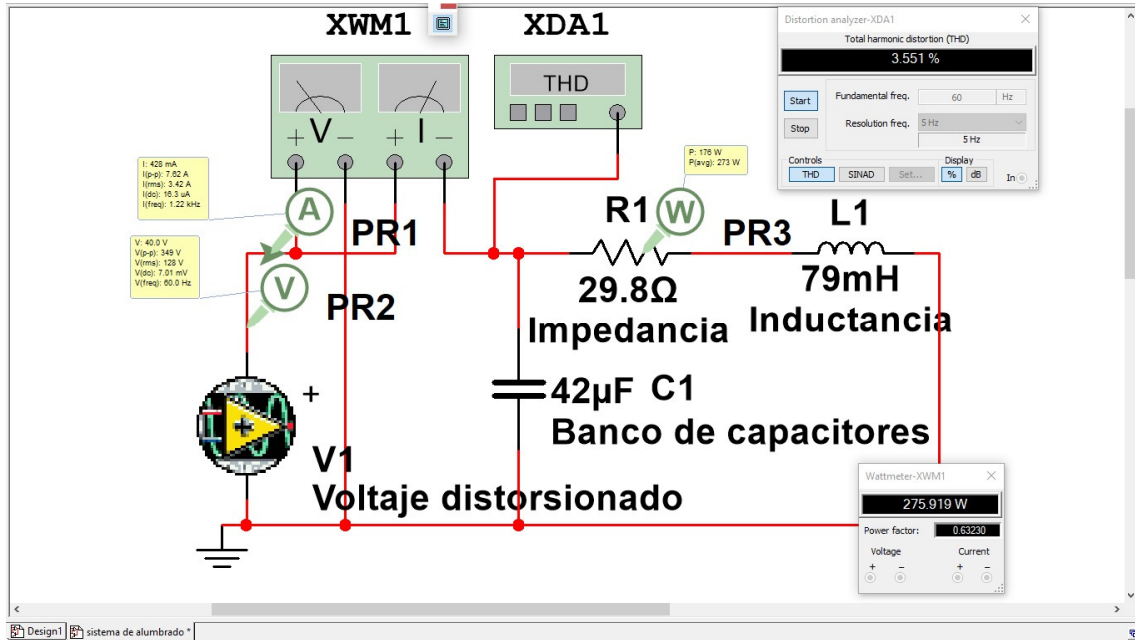


Figura 1. Simulación del circuito de alumbrado con el FP corregido.

## Resultados

La ejecución del desarrollo permitió obtener los valores de distorsión armónica total — THD — y FP bajo la presencia de armónicos creados por cargas no lineales, además, con la finalidad de establecer parámetros de lectura que sean útiles en el campo de la investigación eléctrica y electrónica, fue posible demostrar que la utilización de software Multisim® permite la compatibilidad de señales creadas en software LabView®, ambos de National Instruments; derivado de ello es posible establecer una relación de eficiencia en relación a los preceptos que fueron objeto de estudio, con lo cual a luz de los resultados obtenidos, se concluye que el banco de capacitores para la corrección del factor de potencia en presencia de armónicos no funciona eficientemente.

Los valores pico de las ondas de distorsión armónica en tensión, en sus parámetros impares; proporcionados por un estudio previo al sistema de alumbrado se pueden observar en la tabla, dichos valores fueron insertados en LabView® para simular un voltaje distorsionado en tensión, con lo que se pudo generar un archivo compatible con Multisim®, para que a partir de ello se pudiera realizar la comprobación del funcionamiento óptimo de un banco de capacitores.

Los valores del circuito diseñado en Multisim, fueron posibles gracias a que la investigación de una manera clara nos permitió su razonamiento, siendo así, el valor del banco de capacitores se dio a razón de  $42\mu\text{F}$ , valor con el cual el factor de potencia fue aumentado a un 95%, ahora bien, el voltaje distorsionado en tensión fue insertado dentro del circuito diseñado en Multisim, con lo que a raíz de su ejecución fue posible obtener valores para el FP en un 63% y para distorsión armónica total en tensión 3.551%.

Es de hacer notar que los valores obtenidos, fueron bajo los criterios con los que se diseñó la simulación y de acuerdo con el objetivo general, con lo cual, a falta de realizar pruebas exhaustivas de campo que incluyan mediciones en condiciones de carga pesada; se puede afirmar que el banco de capacitores en presencia de armónicos no funciona eficientemente, la figura 20 muestra los valores de THD y FP obtenidos en la simulación.

## **Conclusión y Trabajos Futuros**

La ejecución de la simulación permitió con claridad, obtener una idea de la importancia que el tiene el factor de potencia (f.p) tiene en los sectores industriales, donde este parámetro numérico-eléctrico interviene por lo que, a raíz de su entendimiento es posible detectar áreas de oportunidad en donde las cargas inductivas estén presentes, ya que en la mayoría de los procesos de producción de los sectores industriales son las que más prevalecen, habiendo dicho esto se propone realizar un estudio que sea capaz de determinar el banco de capacitores idóneo para la corrección del factor de potencia en presencia de cargas puramente inductivas.

La realización de un estudio comparativo por medio del analizador de redes, nos ayudara a contar con una simulación más optima y que sea capaz de mostrar las condiciones de eficiencia del banco de capacitores en presencia de armónicos, bajo valores diferentes a los tomados en esta investigación, como por ejemplo en un centro de cómputo.



## Referencias

Barcón, Santiago; Guerrero Cepeda, Rafael; Martínez, Iván. (2012). Calidad de la energía: factor de potencia y filtrado de armónicas. México. McGraw-Hill.

Harper, Enríquez. (2012). El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica. México. LIMUSA.

Marroquín De Jesús, Angel; Olivares Ramírez, Juan Manuel; Osorio Cruz, Oscar Hugo. (2011). Calidad de la Energía en Sistemas Eléctricos Industriales. España. Académica Española.

Pérez Donsión, Manuel. (2016). Calidad de la energía eléctrica. España. Ibergarceta.

Pinto, Roberto Enrique. (2021). Calidad de la energía eléctrica. Argentina. Independently Published.

Agencia Estatal de Energía Veracruz. (2020). Panorama de generación de Energía Eléctrica en Veracruz. Recuperado de <http://aeev.veracruz.gob.mx/pano-de-generacion/>

Centro Nacional de Control de Energía. (2021). Operación del Sistema Eléctrico Nacional. Recuperado de [https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/OperacionSEN.aspx#:~:text=De%20conformidad%20con%20lo%20que,SEN\)%20a%20trav%C3%A9s%20del%20CENACE](https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/OperacionSEN.aspx#:~:text=De%20conformidad%20con%20lo%20que,SEN)%20a%20trav%C3%A9s%20del%20CENACE)

Centro Nacional de Metrología. (2020). Perspectiva de la calidad de la energía eléctrica y su importancia en México. Recuperado de <https://www.cenam.mx/dme/pdf/PRE-Perspectiva%20de%20calidad%20de%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20y%20su%20importancia%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

Comisión Federal de Electricidad. (2019). Factor de potencia. Recuperado de <http://www.cfe.gob.mx/Industria/AhorroEnergia/Lists/Ahorro%20de%20energia/Attachments/3/Factordepotencia1.pdf>

Comisión Federal de Electricidad. (2021). Esquema tarifario Vigente. Industria. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCREIndustria/Industria.aspx>

Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía (2016). Herramienta para el ajuste del factor de potencia. Recuperado de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-para-el-ajuste-del-factor-de-potencia?state=published#:~:text=El%20factor%20de%20potencia%20puede,para%20producir%20un%20trabajo%20%C3%BAtil>.

Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía (2020). Factor de potencia y sus implicaciones. Recuperado de [https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/documentos/MATERIAL\\_EXAMEN%2001-2020-FP\\_VLMB.jlt.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/APF/documentos/MATERIAL_EXAMEN%2001-2020-FP_VLMB.jlt.pdf)

Contreras, I. (2016). Armónicos y la norma IEEE 519-1992. Recuperado de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=570&ni=armonicos-y-la-norma-ieee-519-1992>

Diario Oficial de la Federación. (2014). Ley de la Industria Eléctrica. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)

Espinosa, F. (2019). Calidad de la energía. Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicas. Recuperado de <http://www.energiza.biz/wp-content/uploads/2014/06/8A.-FACTOR-DE-POTENCIA-Revisi%C3%B3n.pdf>

González, M. S. E., Guerrero, J. A. M., & Ramos, L. A. C. (2006). Las cargas no Lineales, su Repercusión en las Instalaciones Eléctricas y sus Soluciones. *Conciencia tecnológica*, (32), 10.

Rodríguez J.C., Lara I. Z., Arias M.I. y Fernández C. (2019). Análisis eléctrico de circuitos de iluminación.

RONZON, E. T., & VIDAÑA, P. R. A. (2017). La vinculación entre la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz y el sector productivo: avances y expectativas.

RTR Energía. (2018). Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica. Recuperado de <http://fotosdeelectricidad.es/wp-content/uploads/2012/11/Armonicos.-RTR.pdf>

Secretaría de Energía. (2021). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020 - 2034. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>

Téllez, E. (2018). Distorsión Armónica. *Papers & Eventos*. Recuperado de <https://agngroup.net/papers/Distorsion%20Armonica.pdf>

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (s.f.). Historia. Consultado el 01 de agosto de 2021. <http://www.utcv.edu.mx/index.php/conocenos-utcv/historia>