



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

# **Title:** Análisis armónico de un aerogenerador y un STATCOM basado en una técnica mejorada para la obtención de la solución periódica

**Author:** Jaime Arroyo-Ledesma

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 15

**Mail:** [jaim\\_e\\_arroyo@ucol.mx](mailto:jaim_e_arroyo@ucol.mx)  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

## **ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **Holdings**

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
<b>Czech Republic</b>			



EDUCACIÓN **CON**  
**RESPONSABILIDAD**  
SOCIAL

# Contenido

1. Introducción.
2. Método de Mapa de Poincaré.
3. Modelo del Aerogenerador.
4. Caso de Estudio.
5. Conclusiones.



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

2016



# Introducción.

- En la actualidad, las tecnologías basadas en fuentes de energía renovables están teniendo mayor presencia en los sistemas eléctricos de potencia de todo el mundo.
- En este contexto, la generación eléctrica mediante la energía de viento ha experimentado el crecimiento más rápido entre las energías alternativas.
- El interés de cuantificar y comprender los efectos de la integración de los parques eólicos dentro de los sistemas eléctricos sigue en aumento.

# Introducción.

- Respecto a las herramientas de análisis, el uso del método de «mapa de Poincaré» ha sido extensamente usado para determinar la solución periódica de sistemas eléctricos pobremente amortiguados de forma rápida y eficiente.
- En este trabajo una nueva alternativa en la aplicación del método «mapa de Poincaré» es desarrollado y aplicado al análisis de armónicos en un aerogenerador y un dispositivo basado en electrónica de potencia (STATCOM).

# Método de mapa de Poincaré

- Considérese la siguiente representación de un sistema no lineal con entradas periódicas de la forma,

$$\dot{\mathbf{x}} = f(t, \mathbf{x}), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0$$

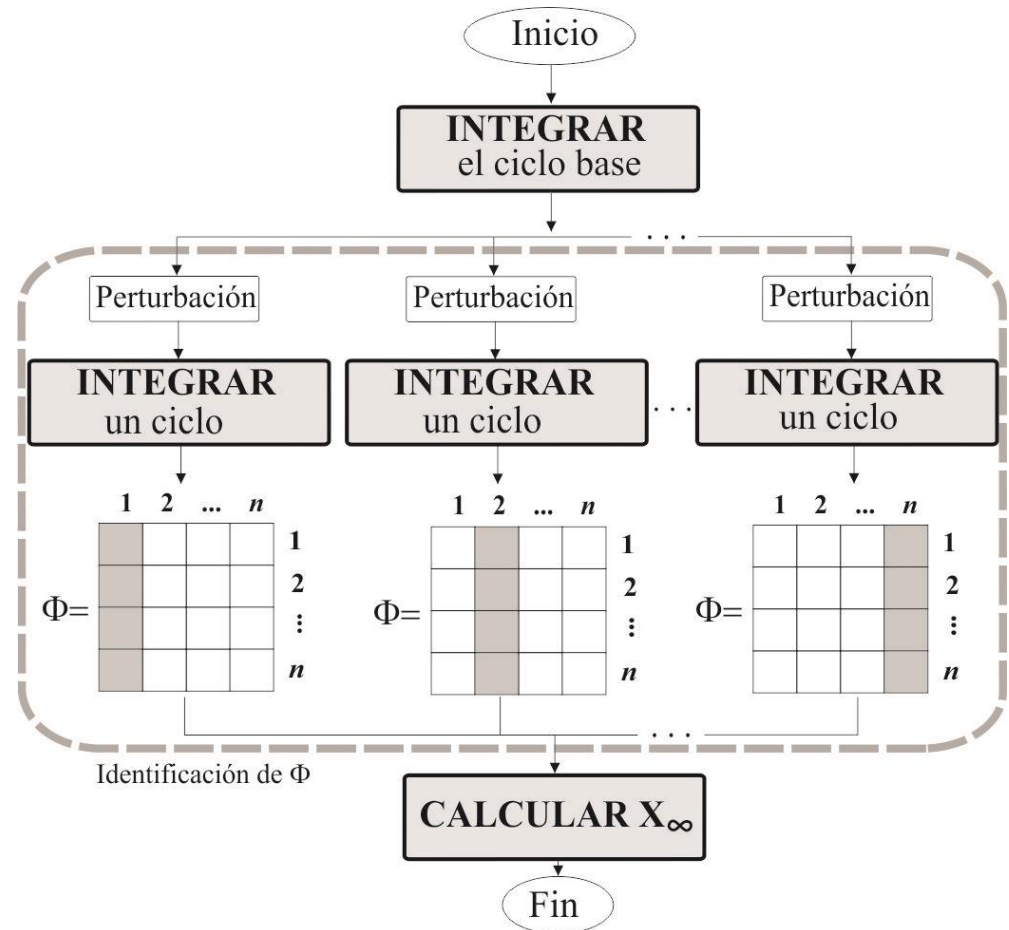
- La solución en infinito (solución periódica) es convenientemente determinada por,

$$\mathbf{x}_\infty = \mathbf{x}_i + (\mathbf{I} - \Phi)^{-1}(\mathbf{x}_{i+T} - \mathbf{x}_i)$$

- donde  $\mathbf{x}_i$  son las variables de estado al inicio del ciclo,  $\mathbf{x}_{i+T}$  son las variables de estado al final del ciclo y  $\Phi$  es la matriz de transición de estados.

# Método de mapa de Poincaré

- El cálculo de la matriz de transición ( $\Phi$ ) implica el mayor esfuerzo computacional, ello debido a que la técnica de cálculo es por perturbación en columnas,



# Método de mapa de Poincaré

- La nueva propuesta considerando sistemas eléctricos trifásicos es calcular,

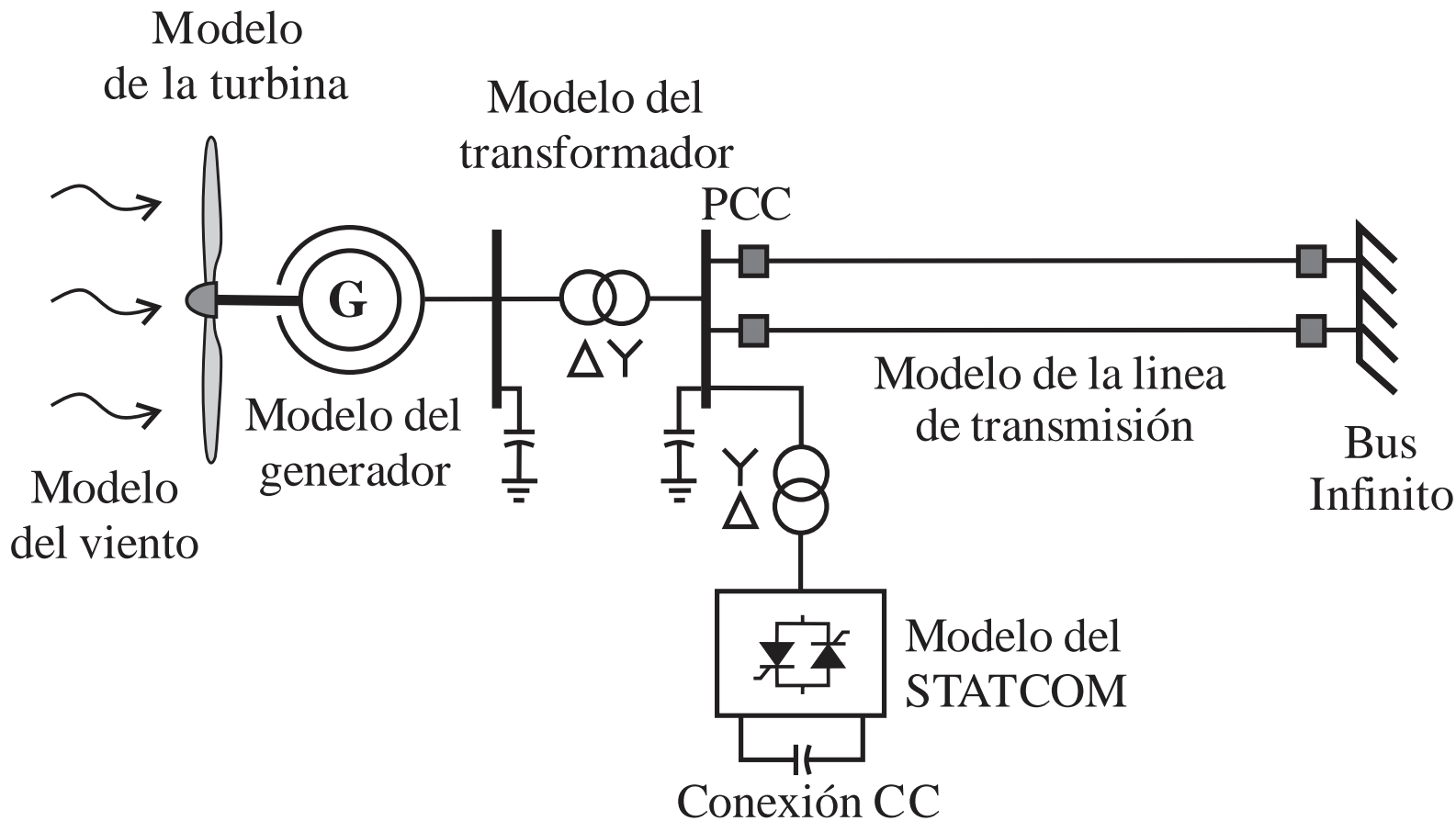
$$\mathbf{x}_{\infty}^{abc} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{x}_{\infty}^{qd0}$$

- con,

$$\mathbf{x}_{\infty}^{qd0} = \mathbf{x}_i^{qd0} + (\mathbf{I} - \mathbf{\Phi}^{qd0})^{-1} (\mathbf{x}_{i+T}^{qd0} - \mathbf{x}_i^{qd0})$$

- donde  $\mathbf{K}$  y  $\mathbf{K}^{-1}$  permiten transformar el método entre los diferentes marcos de referencia.

# Modelo del Aerogenerador.





# Modelo del Aerogenerador.

- Modelo de la Turbina:

$$P_{m\_pu} = k_P C_{P\_pu} v_{w\_pu}^3$$

- Modelo del Generador:

$$\frac{d}{dt} \mathbf{i}_{s,r}^{abc} = \omega_b \left[ \mathbf{L}^{-1} \left( \mathbf{v}_{s,r}^{abc} - \left( \mathbf{r}_{s,r} + \mathbf{G}_{s,r} \right) \cdot \mathbf{i}_{s,r}^{abc} \right) \right]$$

$$\frac{d}{dt} [\omega_{r\_pu}] = \frac{(T_{e\_pu} - T_{m\_pu})}{2H_{total}}$$

$$\frac{d}{dt} \theta_m = [\omega_{r\_pu}] \omega_b$$

# Modelo del Aerogenerador.

- Modelo de la Transformador no lineal:

$$\frac{di_p}{dt} = \frac{\omega_b}{L_p} \left[ v_p - (r_p + r_c)i_p + r_c \left( \frac{i_s}{a} + i_m \right) \right]$$

$$\frac{di_s}{dt} = \frac{\omega_b}{L_s} \left[ r_c(i_p - i_m) - (r_s + r_c)i_s - a^2(v_{sa} - v_{sb}) \right]$$

$$\frac{d\phi_m}{d} = \omega_b r_c \left[ i_p - \frac{i_s}{a} - i_m \right]$$

- Modelo del STATCOM

$$\frac{d}{dt} v_{dc} = \frac{\omega_b}{B_{dc}} \begin{bmatrix} (i_p^a - i_p^c) & (i_p^b - i_p^a) & (i_p^c - i_p^b) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} S_a \\ S_b \\ S_c \end{bmatrix}$$

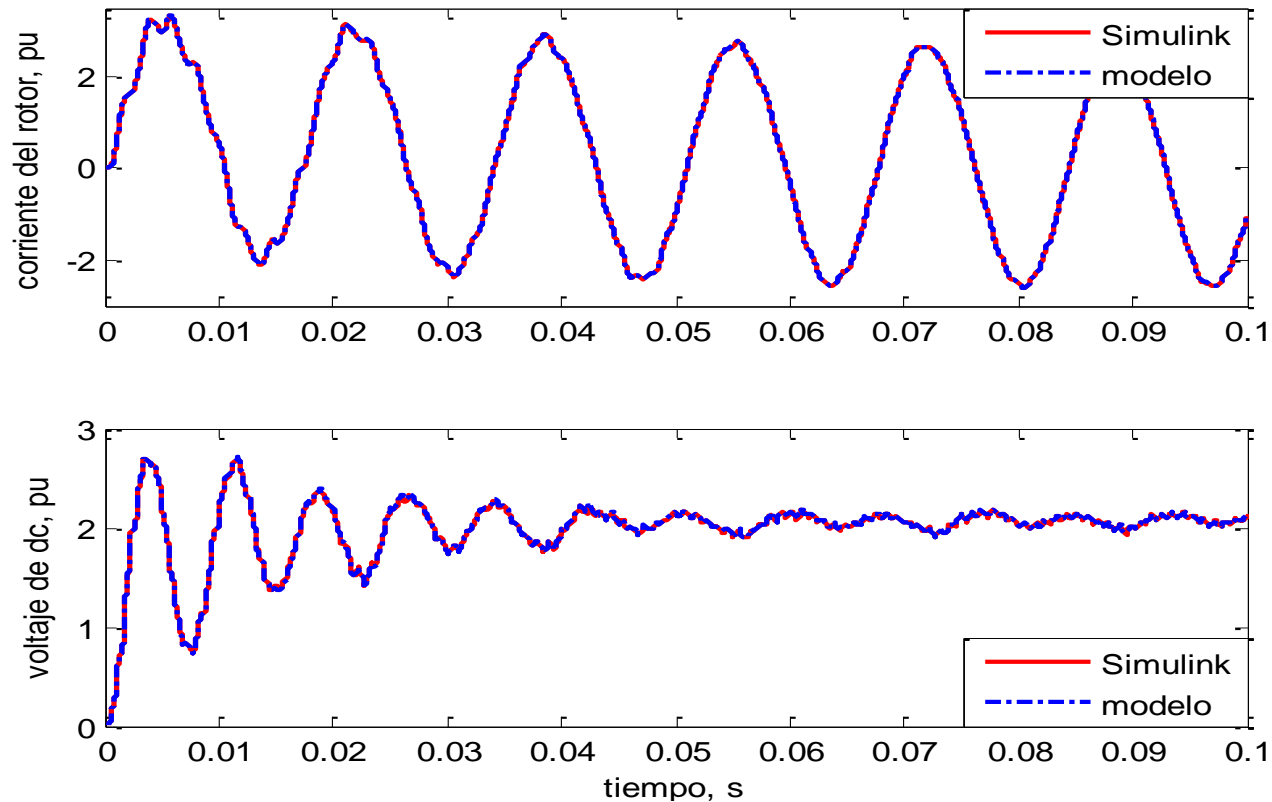
$$v_{sa} = \left[ S_a - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{dc}$$

$$v_{sb} = \left[ S_b - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{dc}$$

$$v_{sc} = \left[ S_c - \frac{(S_a + S_b + S_c)}{3} \right] v_{dc}$$

# Caso de Estudio

- Validación de los resultados:



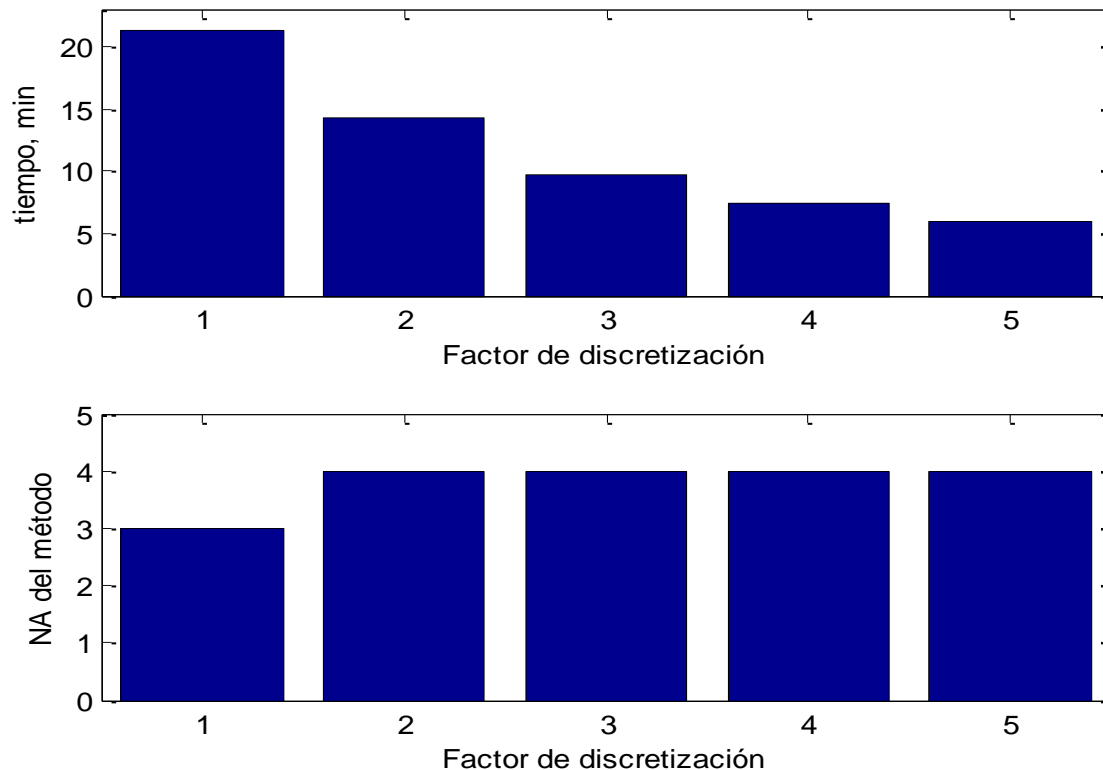
# Caso de Estudio

- Número Aplicaciones (NA) del método de mapa de Poincaré caso base.

NA	error
CB	3.909732e-002
1	3.518666e-002
2	1.184015e-005
3	1.248596e-011

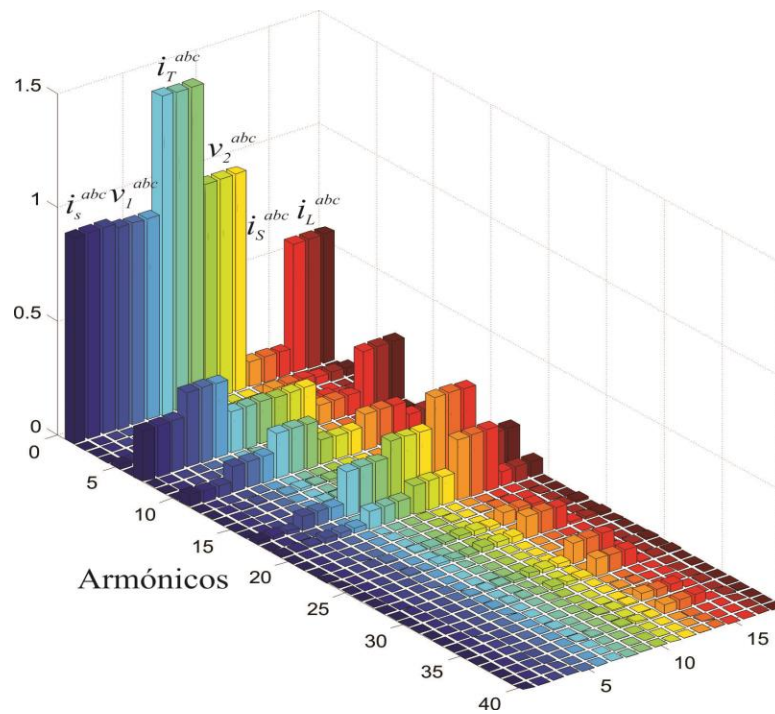
# Caso de Estudio

- Técnica mejorada,

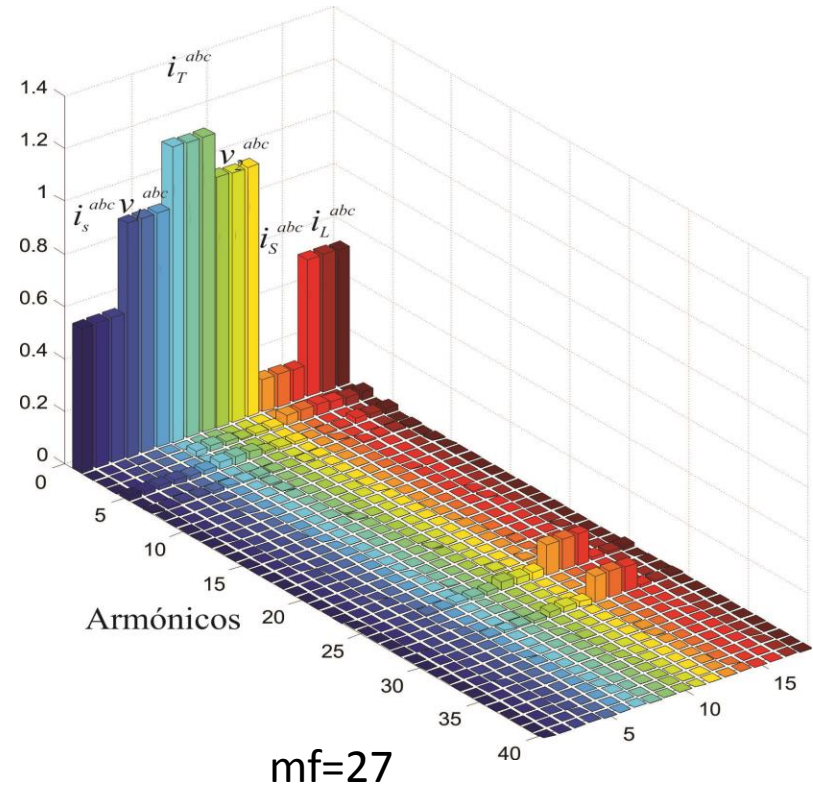


# Caso de Estudio

- Armónicos,



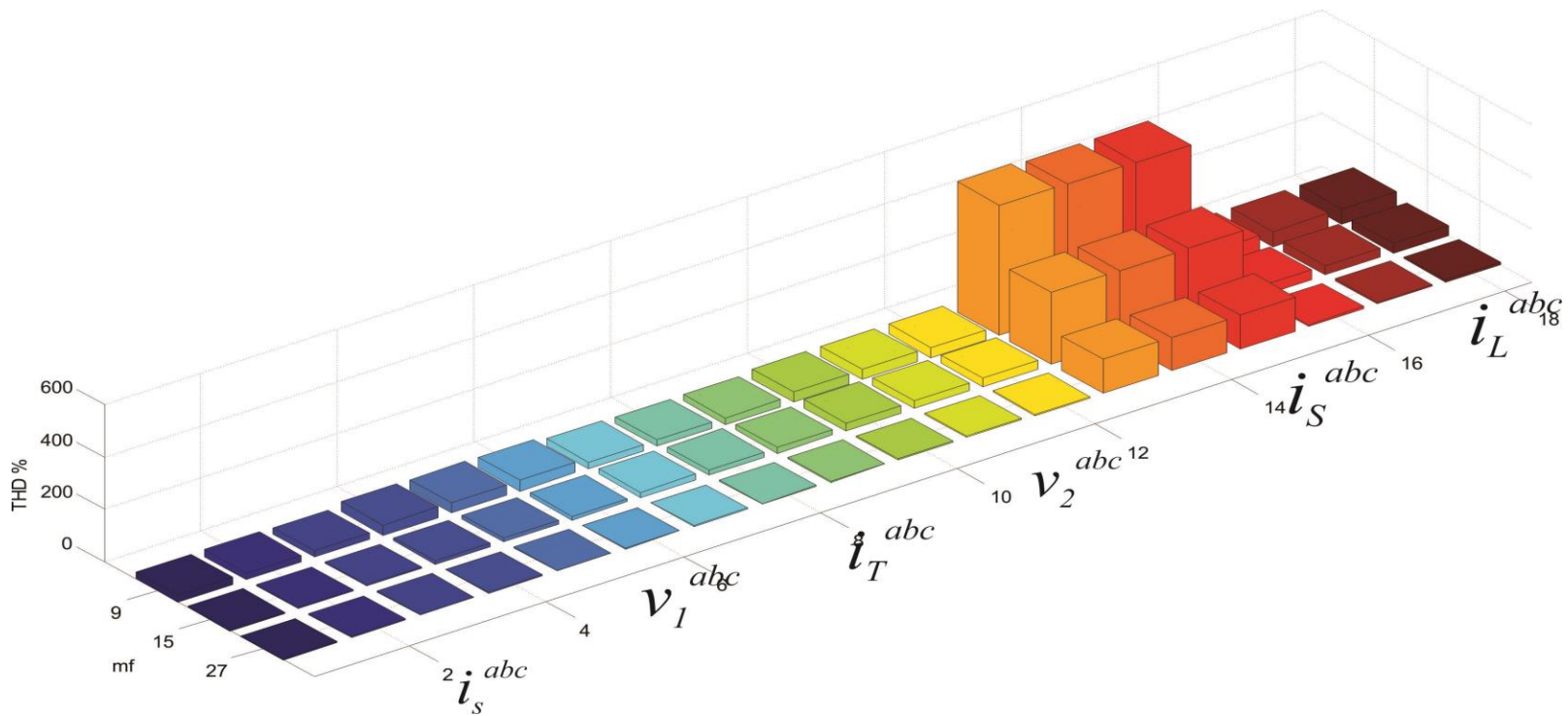
mf=9



mf=27

# Caso de Estudio

- THD,



# Conclusiones

- En este trabajo se presentó una nueva propuesta para determinar la solución periódica de sistemas eléctricos trifásicos.
- Se presentó el caso de estudio que consiste en un aerogenerador y un sistema de compensación de potencia reactiva (STATCOM).
- Bajo este nuevo enfoque se obtienen grandes beneficios en el tiempo de cómputo de las soluciones periódicas.
- Se reporten reducciones de hasta 72 % en esfuerzo computacional requerido para obtener la solución periódica.
- Se aplicó la transformada discreta de Fourier para obtener el contenido armónico y el porcentaje de la distorsión total en el sistema.





**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)