



## Limpieza de patrones $\varphi, q, n$ de descargas parciales

### *Denoising of partial discharge $\varphi, q, n$ patterns*

Santiago A. – Dorrbercker Drake  
Alejandro – Urquiola Lescaille

William J. – Torres Medina  
Ivón O. – Benítez González

**Recibido:** septiembre de 2013

**Aprobado:** febrero de 2014

#### Resumen/ Abstract

La medición de descargas parciales (DP) se sustenta en la detección y filtraje de pulsos de corriente que aparecen en una banda de frecuencia que abarca desde los kilohertzios hasta los gigahertzios, por tal motivo los detectores de descargas parciales (DDP) poseen sistemas para desagregar dichos pulsos de corriente. Sin embargo, los DDP también permiten el paso de otras señales de alta frecuencia (ruidos) que se mezclan con los pulsos de DP y afectan la medición, interpretación y caracterización de las DP. Para atenuar ese efecto, se han desarrollado distintas técnicas para separar los ruidos tanto asociados a las señales como los existentes en los patrones  $\varphi, q, n$ . En este artículo se presentan los resultados obtenidos en la reducción de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores y los ruidos esporádicos, de los patrones  $\varphi, q, n$  mediante el empleo de técnicas de procesamiento de imágenes digitales.

**Palabras clave:** descargas parciales, filtraje de ruidos, patrones  $\varphi, q, n$ , procesamiento de imágenes digitales.

*The measurement of partial (PD) discharges is sustained in the detection and filtration of current pulses which appear in a band of frequency that include from the kilohertz until the gigahertzios, for such a reason the detectors of partial (PDD) discharges they possess systems for the separation of this current pulses. However, PDD also allows the step of other signals of high frequency, denominated noises, that mix with the pulses of PD and they affect measurement, interpretation and characterization of PD. To attenuate that effect, different techniques have been developed to separate the noises so much associated to the signs like the existent ones in the  $\varphi, q, n$  patterns. In this paper are presented the results obtained in the noise reduction of the noises associated to the thyristor's commutation and the sporadic noises, in the  $\varphi, q, n$  patterns by means of the technical of digital images processing.*

**Key Words:** partial discharge, denoising (noise filtering), patterns,  $\varphi, q, n$ , digital image processing.

#### INTRODUCCIÓN

La medición de DP en generadores de potencia siempre ha tenido como elemento nocivo los ambientes altamente contaminados con los ruidos existentes en las subestaciones y salas de máquinas [1]. Los ruidos en las mediciones de descargas parciales (DP) son señales indeseables que se mezclan con la señal generada por los pulsos de DP. Las fuentes externas de ruido que afectan a las mediciones de DP están definidas desde hace más de dos décadas [2] y se han efectuado investigaciones para su eliminación o reducción [3-5]. Entre estas se encuentra la asociada a la conmutación de los tiristores, que puede

interferir en las mediciones de DP, aún cuando los bancos rectificadores no se encuentren en la vecindad inmediata del objeto ensayado [6].

Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en el filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de los tiristores (RACT) que interfieren en los patrones  $\varphi, q, n$  durante las mediciones de DP mediante la aplicación de un procedimiento sustentado en el procesamiento de imágenes digitales.

Los RACT son desarrollos verticales que ocupan sólo una columna de píxeles y se caracterizan por una elevada actividad de DP. El interés en su eliminación viene dado por la influencia que pueden llegar a tener sobre los parámetros que caracterizan a las DP y no por dificultades en la identificación de estas firmas tridimensionales. El procedimiento de filtraje desarrollado está concebido para ser aplicado en las regiones de interés (ROIs) que hayan sido previamente identificadas como RACT. La identificación de las ROIs no es estudiada en el presente artículo.

En los resultados obtenidos se ejemplifican tres casos de patrones  $\varphi, q, n$  con RACT en concomitancia con diferentes firmas tridimensionales. Para demostrar la efectividad del filtraje se seleccionaron las siguientes variables: la tasa de repetición de las DP ( $n$ ), la corriente media de las DP ( $NQS$ ) y la impedancia a las DP ( $Z_{DP}$ ); esta última variable fue desarrollada por tres de los autores de este trabajo y sus bondades se describen en [7; 8].

La estructura del artículo es la siguiente: primeramente se presentan los fundamentos teóricos necesarios, así como, algunos resultados obtenidos, lo que permite a los autores, exponer las conclusiones de su estudio, finalmente se relacionan las referencias bibliográficas.

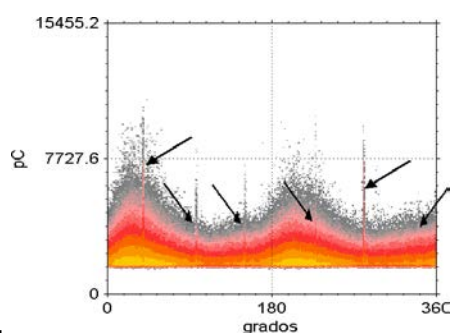
## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### RUIDOS ASOCIADOS A LA CONMUTACIÓN DE LOS TIRISTORES

Los RACT en los patrones  $\varphi, q, n$  se caracterizan como desarrollos verticales que cuando están presentes deben aparecer al menos seis veces en cada patrón, aunque no se visualice fácilmente. Estos desarrollos pueden aparecer de forma aislada o en concomitancia con otras firmas tridimensionales.

En la figura 1, se muestra un patrón  $\varphi, q, n$  con desarrollos verticales, debidamente señalizados, que constituyen RACT. En esta figura también se observa que los ruidos aparecen ocasionalmente sin píxeles vecinos y también formando parte de firmas tridimensionales.

Los RACT se caracterizan por poseer un valor máximo de  $n$  en cada columna de pixel superior a 32 repeticiones, la desviación típica de los pulsos es superior a 10 y  $n$  puede tener valores mínimos de hasta solo una repetición.



**Fig. 1. Patrón  $\varphi, q, n$  con RACT y señalización de sus localizaciones. En esta figura también se observa que los ruidos forman parte de una firma tridimensional asociada a descargas parciales internas.**

### PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y FILTRAJE DE LOS RACT

Una imagen digital es una representación bidimensional de una imagen utilizando unos y ceros. En el caso de los patrones  $\varphi, q, n$  se representan como  $[m, v, \lambda]$  divididos en  $N$  filas,  $M$  columnas y  $\lambda$  que responde al nivel de colores.

Para el desarrollo de este trabajo se emplearon los patrones  $\varphi, q, n$  obtenidos de las mediciones realizadas por el detector de descargas parciales ICMSsystem, el cual genera imágenes de 8 bit, es decir,  $m=v=2^8=256$ , en las que la magnitud  $\lambda$  se representa mediante la columna derecha de la paleta de colores mostrada en la figura 2.

Norm	Log
0	0
1 - 24	1 - 2
25 - 48	3 - 4
49 - 73	5 - 8
74 - 97	9 - 16
98 - 121	17 - 32
122 - 146	33 - 64
147 - 170	65 - 128
171 - 194	129 - 256
195 - 218	257 - 512
219 - 242	513 - 1024
243 - 267	1025 - 2048
268 - 291	2049 - 4096
292 - 315	4097 - 8192
316 - 340	8193 - 16384
341 - 364	16385 - 32768
365 - 388	32769 - 65536

Fig. 2. Paleta de colores del DDP ICMsystem.

Las mediciones de DP fueron ejecutadas en línea y en sitio, a generadores hidroeléctricos, con un sistema conectado a acopladores capacitivos figura 3. Los registros  $\varphi, q, n$  fueron tomados en 30 segundos de medición a través de cuatro pre-amplificadores conectados entre el acoplador y un sistema de adquisición multiplexor de 8 canales.

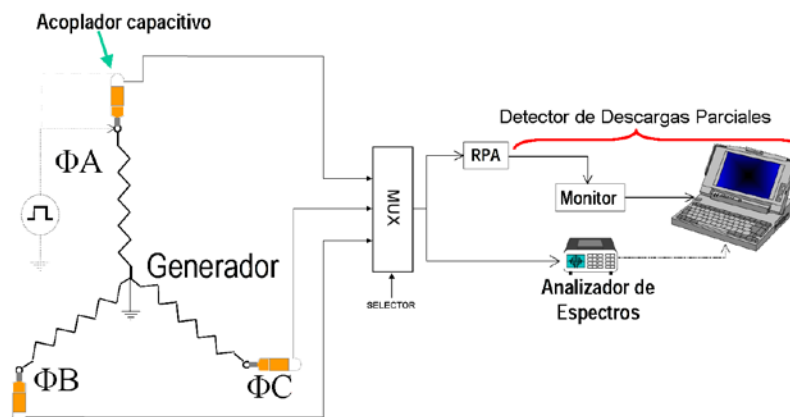


Fig. 3. Esquema de medición empleado.

## PROCEDIMIENTO PARA EL FILTRAJE DE LOS RACT

Para el filtraje de los RACT se toman como bases los siguientes elementos del procesamiento digital de imágenes:

- la magnitud de un pixel determinado está relacionada con sus píxeles vecinos
- el filtraje se sustenta en operadores estadísticos
- se procesa una región de interés (ROI) a la vez.

Una vez identificada la ROI, el procedimiento desarrollado para el filtraje cuenta de los siguientes pasos:

1. Asignar 0 a los píxeles que tengan al menos uno de sus vecinos igual a cero.

- Aplicar un filtro de mediana *tipo menos* de  $1 \times 5$  a los píxeles de la ROI que no cumplan la condición anterior. En este caso a los píxeles centrales de la ROI ( $n_{N,M}$ ) se les asigna, respectivamente, el resultado de la mediana determinada mediante la siguiente ecuación (1):

$$n_{N,M} = P_{50} \left( n_{N,M-2}, n_{N,M-1}, n_{N,M+1}, n_{N,M+2} \right) \quad (1)$$

Donde: los píxeles  $n_{N,M-2}$  y  $n_{N,M-1}$  son los que se encuentran a la izquierda de cada pixel central y los píxeles  $n_{N,M+1}$  y  $n_{N,M+2}$  son los que se encuentran a la derecha del pixel central.

- Efectuar el filtraje de los ruidos esporádicos (RESP) de los patrones  $\varphi, q, n$ . Este ruido se caracteriza por presentar bajas tasas de repetición y se manifiesta como píxeles aislados de color gris claro. El método empleado en este trabajo se sustenta en el propuesto por García-Colón [9]. Para el filtraje de los RESP se utiliza un sistema de exploración de muestreo rectangular de 4 vecinos, como el presentado en la figura 4. En los ejemplos de este trabajo se considera que un píxel es RESP cuando la tasa de repetición en píxel central es como máximo 4 ( $n_{N,M} \leq 4$ ) y tiene menos de 3 vecinos.

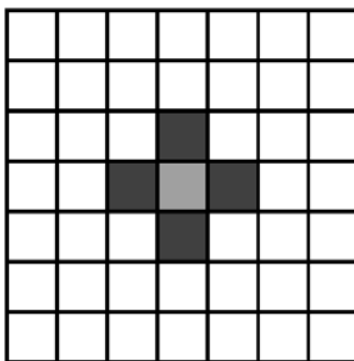


Fig. 4. Ejemplo de muestreo rectangular de 4 vecinos del píxel central.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

### CÁLCULO DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS PARA EJEMPLIFICAR LA EFECTIVIDAD DE LA ELIMINACIÓN DE LOS RACT

La distribución del total de pulsos de las DP ( $H_n$  o  $n$ ) es una variable empleada para caracterizar la actividad de DP y se determina a partir de la siguiente ecuación (2):

$$n = \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} n(\varphi_i, N_j) \quad (2)$$

Donde:  $n(\varphi_i, N_j)$  es la tasa de repetición de pulsos de DP en el píxel correspondiente al ángulo  $\varphi_i$  y la fila  $N_j$ .

La Intensidad media de la corriente integrada de las DP (NQS) [10] constituye una de las magnitudes integradas más difundidas para la caracterización del envejecimiento del aislamiento principal de las máquinas eléctricas rotatorias de gran potencia y se determina a partir de la siguiente ecuación (3):

$$NQS = \frac{H_{qs}^{U+} + H_{qs}^{U-}}{T} \quad (3)$$

Donde:  $H_{qs}^{U+}$  y  $H_{qs}^{U-}$  son las distribuciones de las cargas de DP por ciclo por fase atendiendo a la polaridad de la tensión aplicada ( $U$ ) y  $T$  es el período de tiempo que dura la medición.

La impedancia a las DP ( $Z_{DP}$ ) es una variable de estado desarrollada para la supervisión del envejecimiento del aislamiento principal de las máquinas eléctricas rotatorias de gran potencia [7] y se determina mediante:

$$Z_{DP} = \frac{\sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} u_i \cdot q_j}{\sum_{k=1}^{256} H_{qs_i}^{U\pm} \cdot NQS} \quad (4)$$

Donde:  $u_i$  es la tensión instantánea en la columna la  $i$ -ésima y  $q_j$  es la carga de las DP en la  $j$ -ésima fila.

### RELACIÓN SEÑAL RUIDO (SNR)

Como criterio para comparar las magnitudes de los ruidos filtrados con las señales de DP en las ROIs así como para caracterizar la magnitud de la limpieza, se emplea la relación señal ruido (SNR) [6] la cual se determina mediante la siguiente ecuación (5):

$$SNR = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{m_a}{s_n} \right), \quad dB \quad (5)$$

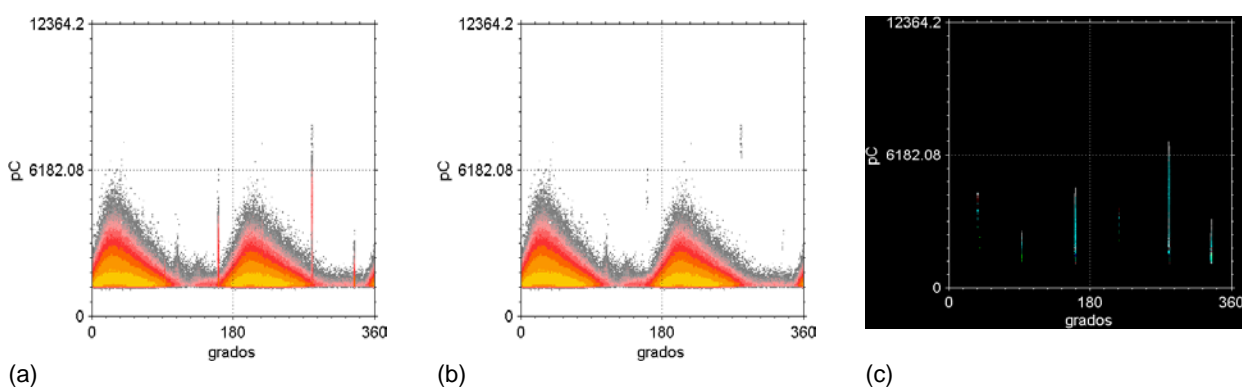
Donde:  $m_a$  es el valor medio de todas las ROIs sin RACT y  $s_n$  es la desviación estándar de todos los ruidos filtrados en las ROIs.

### RESULTADOS OBTENIDOS

#### CASO DE ELIMINACIÓN DE LOS RACT DE UN PATRÓN CON DESCARGAS PARCIALES DESCARGAS INTERNAS

Al aplicar el procedimiento de filtraje anteriormente referido, se obtiene el patrón  $\varphi, q, n$  que se muestra en la figura 5. Por otra parte, la SNR en las ROIs fue de 14,8 dB, lo cual indica que los ruidos filtrados interferían de manera importante a las señales de DP en las ROIs.

En la figura 5, se muestra el comportamiento del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores de un patrón  $\varphi, q, n$ , con descargas parciales descargas internas. La figura 5 (a), muestra el patrón  $\varphi, q, n$  de la medición original (patrón original); en la figura 5 (b), se muestra el resultado del filtraje de los RACT presentes en el patrón original figura 5 (a), y en la figura 5 (c), se muestran los RACT que fueron filtrados del patrón  $\varphi, q, n$  original.

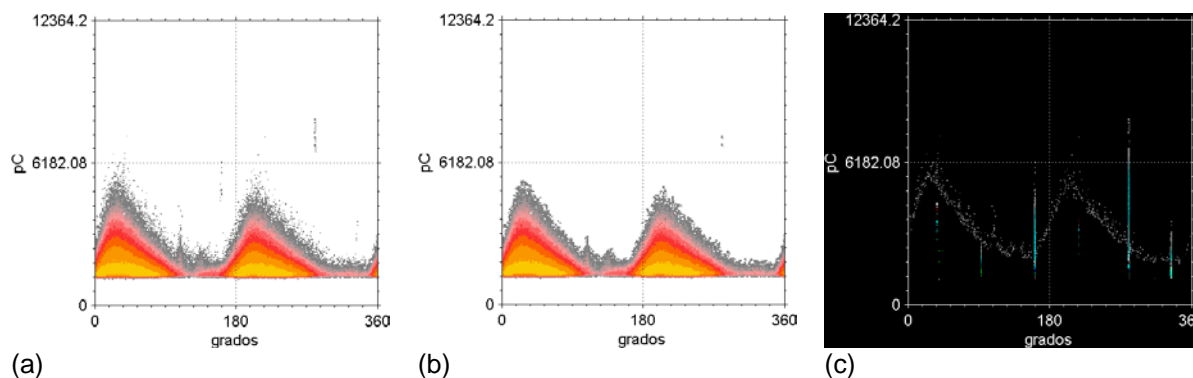


**Fig. 5. Resultado del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores del patrón  $\varphi, q, n$  con RACT: (a) patrón original, (b) patrón después del filtraje de los RACT y (c) patrón con los RACT filtrados del patrón original.**

De los patrones mostrados en la figura 5, se observa lo siguiente:

1. El filtraje de los RACT fue efectivo en las zonas de concomitancia de las RACT con la firma tridimensional.
2. En las zonas donde se encontraban las ROIs que no concomitaban con las firmas tridimensionales se observan desarrollos verticales de color gris claro, que se deben a fenómenos que no están asociados a los RACT y por lo tanto, invisibles para el procedimiento de limpieza propuesto.

Para corroborar la última afirmación, se efectuó el filtraje de los ruidos esporádicos presentes en el patrón de la figura 5 (b), obteniéndose los resultados mostrados en la figura 6. En dicha figura puede observarse que, al ser filtrados los ruidos esporádicos, fueron eliminados casi los desarrollos verticales de tonalidades grises que falseaban la interpretación visual de la efectividad del procedimiento de filtraje.



**Fig. 6. Resultado del filtraje de los RESP de un patrón  $\varphi, q, n$  al que se le habían filtrado los RACT: (a) patrón sin RACT, (b) patrón después del filtraje de los RESP y (c) patrón con los RACT y RESP filtrados del patrón original.**

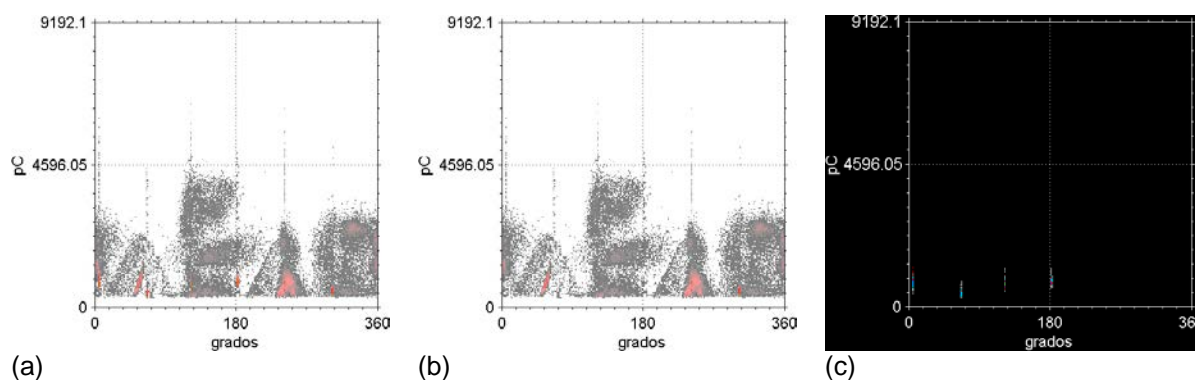
En la tabla 1, se muestra el comportamiento de las magnitudes de las variables seleccionadas para ejemplificar la efectividad del filtraje de los RACT y los RESP de los patrones  $\varphi, q, n$  de las figuras 5 y 6.

<b>Tabla 1. Comportamiento de las magnitudes de las variables seleccionadas para la caracterización de las DP de los patrones <math>\varphi, q, n</math> mostrados en las figuras 5 y 6.</b>			
Patrón $\varphi, q, n$	Variables Seleccionadas		
	$n$	$NQS$	$Z_{DP}$
Original	1394692	84468,6	67
Después de filtrar RACT	1379268	82876,2	68
$\Delta_1$	1,1%	1,9%	-1,5%
Después de filtrar RESP	1376081	82780,2	68
$\Delta_2$	0,2%	0,1%	0,0%

Como se observa de la tabla 1, así como de las figuras 5 y 6 y de la magnitud de la SNR, el método de filtraje empleado, para la eliminación de RACT y RESP de un patrón con descargas parciales descargas internas fue efectivo y que, en este caso, la incidencia de los ruidos sobre las variables  $n$ ,  $NQS$ ,  $Z_{DP}$  y las ROIs no era elevada.

#### **CASO DE ELIMINACIÓN DE LOS RACT DE UN PATRÓN CON DESCARGAS PARCIALES TIPO CORONA**

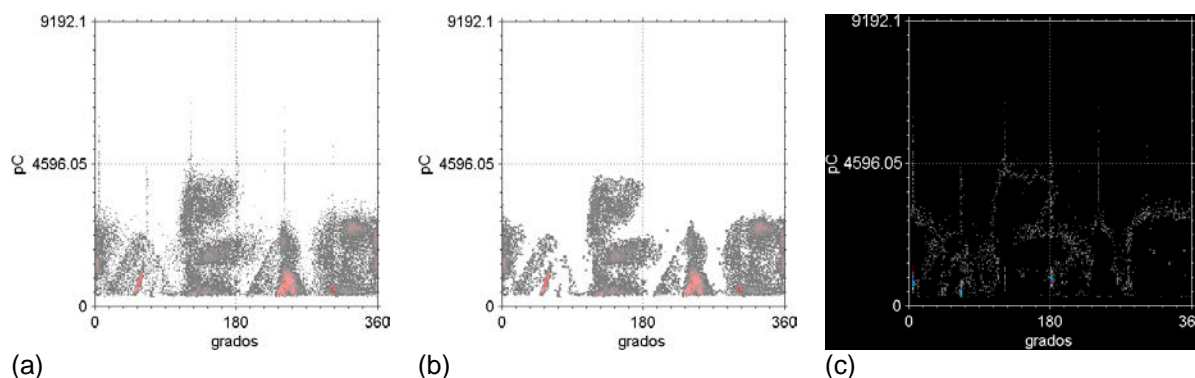
Al aplicar el procedimiento de filtraje se obtuvo el patrón  $\varphi, q, n$  mostrado en la figura 7. Por otra parte, la SNR en las ROIs fue de  $-4,7$  dB, lo cual indica que los ruidos filtrados no interferían de manera importante a las señales de DP en las ROIs. En la figura 7, se muestra el comportamiento del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores de un patrón  $\varphi, q, n$  con descargas parciales tipo corona. La figura 7 (a), muestra el patrón  $\varphi, q, n$  de la medición original; en la figura 7 (b), se muestra el resultado del filtraje de los RACT de la figura 7 (a), y en la figura 7 (c), se muestran los RACT que fueron filtrados del patrón  $\varphi, q, n$  original.



**Fig. 7. Resultado del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores del patrón  $\varphi, q, n$  con RACT: (a) patrón original, (b) patrón después del filtraje de los RACT y (c) patrón con los RACT filtrados del patrón original.**

De los patrones mostrados en la figura 7, se observa lo siguiente:

1. Que el filtraje de los RACT fue efectivo en las zonas de concomitancia de las RACT con otras firmas tridimensionales.
2. Que en las zonas donde se encontraban las ROIs que no concomitaban con las firmas tridimensionales se observan desarrollos verticales de color gris claro, que se deben a fenómenos que no están asociados a los RACT y por lo tanto, invisibles para el procedimiento de limpieza propuesto; además se observan algunas zonas con pixeladas en rojo que están asociadas a ruidos procedentes de descargas parciales de tipo corona no generadas en el sistema aislante ensayado. El filtraje de este tipo de ruido responde a criterios que difieren de los abordados en este artículo.



**Fig. 8. Resultado del filtraje de los RESP de un patrón  $\varphi, q, n$  al que se le habían filtrado los RACT: (a) patrón sin RACT, (b) patrón después del filtraje de los RESP y (c) patrón con los RACT y RESP filtrados del patrón original.**

En la tabla 2, se muestra el comportamiento de las magnitudes de las variables seleccionadas para ejemplificar la efectividad del filtraje de los RACT y los RESP de los patrones  $\varphi, q, n$  de las figuras 7 y 8.

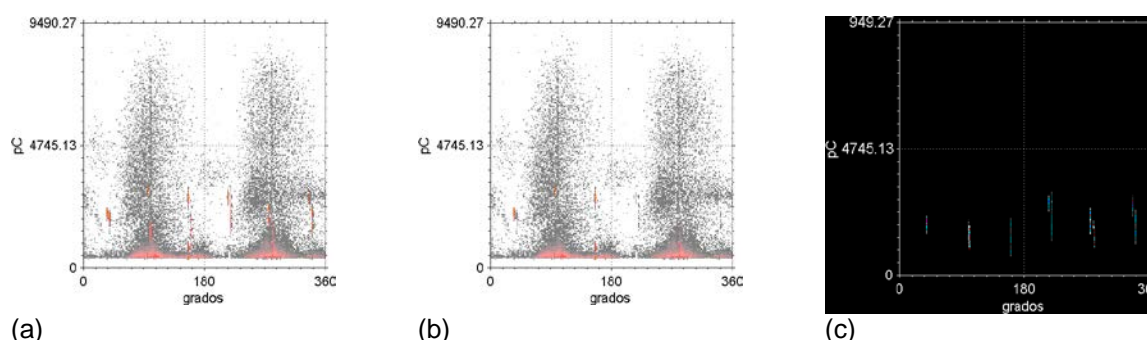
<b>Tabla 2. Comportamiento de las magnitudes de las variables seleccionadas para la caracterización de las DP de los patrones <math>\varphi, q, n</math> mostrados en las figuras 7 y 8.</b>			
Patrón $\varphi, q, n$	Variables Seleccionadas		
	$n$	$NQS$	$Z_{DP}$
Original	44420	1997,6	2930
Después de filtrar RACT	37598	1833,2	3282
$\Delta_1$	15,4%	8,2%	-12,0%
Después de filtrar RESP	35661	1690,9	3543
$\Delta_2$	5,2%	7,8%	-8,0%

Como se observa en la tabla 2, así como de las figuras 7 y 8 y de la magnitud de la SNR, el método de filtraje empleado, para la eliminación de RACT y RESP de un patrón con descargas parciales tipo corona, fue efectivo y que, en este caso, la incidencia de los ruidos sobre las variables  $n$ ,  $NQS$ ,  $Z_{DP}$  y las ROIs no era elevada. Independientemente de la similitud aparente entre los RACT y los ruidos procedentes de descargas parciales de tipo corona no generadas en el sistema aislante ensayado, el procedimiento desarrollado es selectivo y no procesa dicho ruido.

### CASO DE ELIMINACIÓN DE LOS RACT DE UN PATRÓN CON DESCARGAS PARCIALES DESCARGAS INTERNAS Y CORONA.

Al aplicar el procedimiento de filtraje anteriormente referido, se obtiene el patrón  $\varphi, q, n$  que se muestra en la figura 9. Por otra parte, la SNR en las ROIs fue de 4,7 dB, lo cual indica que los ruidos filtrados interferían de manera moderada a las señales de DP en las ROIs.

En la figura 9, se indica el comportamiento del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores de un patrón  $\varphi, q, n$ , con descargas parciales descargas internas. La figura 9 (a), muestra el patrón  $\varphi, q, n$  de la medición original (patrón original); en la figura 9 (b), se presenta el resultado del filtraje de los RACT presentes en el patrón original figura 9 (a), y en la figura 9 (c), se señalan los RACT que fueron filtrados del patrón  $\varphi, q, n$  original.

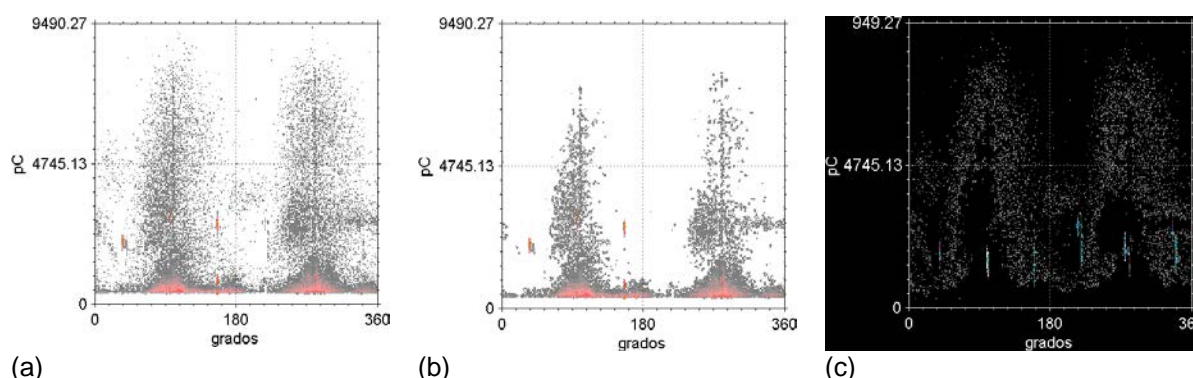


**Fig. 9. Resultado del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores del patrón  $\varphi, q, n$  con RACT: (a) patrón original, (b) patrón después del filtraje de los RACT y (c) patrón con los RACT filtrados del patrón original.**

De los patrones mostrados en la figura 9 se observa lo siguiente:

1. El filtraje de los RACT fue efectivo en las zonas de concomitancia de las RACT con la firma tridimensional.
2. Se observan algunas zonas con pixeladas en rojo que están asociadas a ruidos procedentes de descargas parciales de tipo corona no generadas en el sistema aislante ensayado. El filtraje de este tipo de ruido responde a criterios que difieren de los abordados en este artículo.

En la tabla 3, se muestra el comportamiento de las magnitudes de las variables seleccionadas para ejemplificar la efectividad del filtraje de los RACT y los RESP de los patrones  $\varphi, q, n$  de las figuras 9 y 10.



**Fig. 10. Resultado del filtraje de los ruidos esporádicos de un patrón  $\varphi, q, n$  con RESP: (a) patrón sin RACT, (b) patrón sin RESP y (c) patrón con todos los ruidos filtrados (RACT y RESP).**

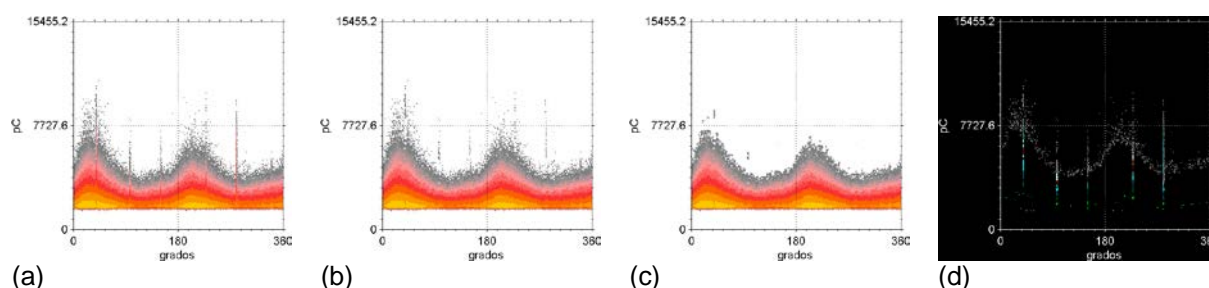


Patrón $\phi, q, n$	Variables Seleccionadas		
	$n$	$NQS$	$Z_{DP}$
Original	64093	3787,7	2108
Después de filtrar RACT	49260	2798,1	3057
$\Delta_1$	23,1%	26,1%	-45,0%
Después de filtrar RESP	43548	2011,2	4317
$\Delta_2$	11,6%	28,1%	-41,2%

Como observa de la tabla 3, así como de las figuras 7 y 8 y de la magnitud de la SNR, el método de filtraje empleado, para la eliminación de RACT y RESP de un patrón con descargas parciales internas y corona fue efectivo y en este caso, la incidencia de los ruidos sobre las variables  $n$ ,  $NQS$ ,  $Z_{DP}$  y las ROIs no era elevada. Independientemente de la similitud aparente entre los RACT y los ruidos procedentes de descargas parciales de tipo corona no generadas en el sistema aislante ensayado, el procedimiento desarrollado es selectivo y no procesa dicho ruido.

#### IMPORTANCIA DEL FILTRAJE DE LOS RACT Y RESP

Para ejemplificar la importancia del filtraje de los RACT y los RESP se comparan las magnitudes de las variables seleccionadas en dos ensayos efectuados a un mismo generador en los años 2001 y 2003 ver figura 11. El comportamiento esperado después de transcurridos los dos años es que  $n$  y  $NQS$  aumente, mientras que  $Z_{DP}$  disminuya. Los resultados expuestos en la tabla 5, demuestran cómo  $\Delta_{ORIGINAL}$  siempre es superior a  $\Delta_{FILTRADO}$ , es decir, en el caso analizado, el resultado del filtraje prueba que el incremento de la actividad de las DP es superior a lo indicado por las mediciones originales, con una diferencia que oscila entre 1,14 y 1,5 veces los resultados obtenidos sin filtrar.



**Fig. 11. Resultado del filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores del patrón  $\phi, q, n$  con RACT: (a) patrón original, (b) patrón sin RACT, (c) patrón sin RESP y (d) patrón de RACT filtrados.**

Patrón $\phi, q, n$	Variables Seleccionadas		
	$n$	$NQS$	$Z_{DP}$
Resultado original año 2001	71859	4991,5	1639
Resultado original año 2003	75580	53191,3	1259
$\Delta_{ORIGINAL}$	3721	48200	-380
Resultado filtrado año 2001	54916	3784,8	2208
Resultado filtrado año 2003	60281	58587,3	1648
$\Delta_{FILTRADO}$	5365	54803	-560
$\Delta_{FILTRADO}/\Delta_{ORIGINAL}$	1,4	1,14	1,5

## CONCLUSIONES

El procedimiento de filtraje de los ruidos asociados a la conmutación de tiristores que afectan a los patrones  $\varphi, q, n$  está sustentado en el empleo de operadores estadísticos, procesando una ROI a la vez. Los resultados alcanzados demuestran la efectividad alcanzada con el procedimiento expuesto. Es de señalar que el tiempo de filtraje de cada patrón no supera los 5 segundos, indicando las potencialidades del procesamiento digital de imágenes en el filtraje de los patrones  $\varphi, q, n$  tanto para aplicaciones Off-Line como en tiempo real.

## REFERENCIAS

- [1]. KURTZ, M. ; STONE, G.C. "In Service Partial Discharge Testing of Generator Insulation". *IEEE Transactions on Electrical Insulation*. 1979, vol. EI-14, n. 2, p. 94-100, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4080614&queryText%3DIn+Service+Partial+Discharge+Testing+of+Generator+Insulation.QT..+IEEE+Transactions+on+Electrical+Insulation>, Accedida en Ene, 1980.
- [2]. STONE, G.C. "Partial Discharge - Part VII: Practical Techniques for Measuring PD in Operating Equipment". *IEEE Electrical Insulation Magazine*. 1991, vol. 7, n. 4, p. 9-16, [Consultada:Febrero, 1994], Disponible en: <http://www.ieeexplore.ieee.org/search/freesrchabstract.jsp?arnumber=87656&isnumber=2856&punumber=57&k2dockey=87656@ieejejrns&query=%28stone%2C+g.c.%29+%3Cin%3E+freesrch&pos=11,ISSN1558-4402>
- [3]. LI, JIAN ; *et al.* "Wavelet de-noising of partial discharge signals based on genetic adaptive threshold estimation". *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2012, vol.19, n.2, p.543-549, [Consultada: Octubre 20, 2012],Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6180248&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F94%2F6180225%2F06180248.pdf%3Farnumber%3D6180248>, ISSN 1558-4135
- [4]. SONG, X.; *et al.* "Second Generation Wavelet Transform for Data Denoising in PD Measurement". *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2007, vol. 14, n. 6, p.1531-1537, [Consultada: Diciembre 13, 2010],Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4401237&queryText%3DSecond+Generation+Wavelet+Transform+for+Data+Denoising+in+PD+Measurement>, ISSN 1558-4135
- [5]. FLORKOWSKI, M. ; FLORKOWSKA, B. "Wavelet-based Partial Discharge Image Denoising". *Institution of Engineering and Technology Generation, Transmission & Distribution*. 2007, vol. 1, n. 2, p. 340-347, [Consultada: Octubre 12, 2012],Disponible en: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4140693&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D4140693](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4140693&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4140693),
- [6]. CAVALLINI, A.; *et al.*; "Advanced PD Inference in On-Field Measurements. Part I: Noise Rejection". *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2003, vol. 10, n. 2, p. 216-224, [Consultada: Sept. 11, 2010],Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=1194102&queryText%3DAdvanced+PD+Inference+in+On-Field+Measurements.+I.+Noise+rejection>, ISSN 1070-9878
- [7]. TORRES, W.J.; DORRBERCKER, S.A. y BENÍTEZ, I.O.; "Variable para la Supervisión del Envejecimiento del Aislamiento Principal de Grandes Hidrogeneradores Mediante Descargas Parciales". *Universidad Ciencia y Tecnología*,2010,vol.14,n.56,p.165-173,[Consultada:Marzo,2010],Disponible en:[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212010000300003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212010000300003&script=sci_arttext),
- [8]. DORRBERCKER DRAKE, S.A.; TORRES MEDINA, W.J. ; MOLÉ MENÉNDEZ, J.A. "Experiencias en el Diagnóstico del Aislamiento de los Generadores de Potencia". *Ingeniería Energética*, 2012, vol.33, n. 1, p. 59-67, [Consultada:Abril,2012],Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012012000100007&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012012000100007&script=sci_arttext), ISSN 1815-5901
- [9]. GARCÍA-COLÓN, V.R.; GONZÁLEZ MELCHOR, R.; HERNÁNDEZ VALOIS, M.E. "Procesamiento Digital de Imágenes para la Clasificación en Línea de Patrones de Descargas Parciales en Equipo Eléctrico". *IEEE Latin America Transactions*. 2007, vol.5, n. 5, p. 287-293,[Consultada: Noviembre 2007],Disponible en: [http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol05/vol5issue5Sept.2007/5TLA5\\_03Garcia-Colon.pdf](http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol05/vol5issue5Sept.2007/5TLA5_03Garcia-Colon.pdf), ISSN 1548-0992

- [10]. BANIA, J.W.; RAGHUVVEER, M.R. "A New Approach to Define Internal Partial Discharge Intensity". *IEEE Transactions on Electrical Insulation*. 1986, vol. EI-21, n. 1, p. 79-87, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4156931&queryText%3DA+New+Approach+to+Define+Internal+Partial+Discharge+Intensity>, Accedida en Jul. 12, 2010.

## AUTORES

### **Santiago Alfredo Dorrbercker Drake**

Ingeniero electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Auxiliar, Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría" Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: [dorr@electrica.cujae.edu.cu](mailto:dorr@electrica.cujae.edu.cu)

### **Ivón Oristela Benítez González**

Ingeniera automática, Máster en Ciencias, Profesora Auxiliar, Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría" Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: [novi@electrica.cujae.edu.cu](mailto:novi@electrica.cujae.edu.cu)

### **William José Torres Medina**

Ingeniero electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, UNEXPO, Venezuela. Es miembro de la IEEE.

e-mail: [williamtorres42@gmail.com](mailto:williamtorres42@gmail.com)

### **Alejandro Urquiola Lescaille**

Estudiante de ingeniería automática en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba.

e-mail: [aurquiolal@fecrd.cujae.edu.cu](mailto:aurquiolal@fecrd.cujae.edu.cu)