

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/3455086>

# Digital Image Processing for On-line Classification of Partial Discharge Patterns in Electrical Equipment

ARTICLE *in* IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS · OCTOBER 2007

Impact Factor: 0.33 · DOI: 10.1109/TLA.2007.4378520 · Source: IEEE Xplore

---

READS

21

3 AUTHORS, INCLUDING:



V.R. Garcia-Colon

Institute of Electrical and Electronics Engineers

23 PUBLICATIONS 45 CITATIONS

SEE PROFILE

# Procesamiento Digital de Imágenes para la Clasificación en Línea de Patrones de Descargas Parciales en Equipo Eléctrico

V.R. Garcia-Colon, Senior Member, IEEE, R. González Melchor y M.E. Hernández Valois

**Resumen--** En este documento se presenta un método para analizar patrones de descargas parciales de equipos eléctricos de potencia, produciendo una preclasificación para el diagnóstico de la vida útil del equipo evaluado.

El método de pre-clasificación analiza la información contenida en un archivo .DAT y genera posteriormente, una imagen del patrón de descargas a partir de los datos de repetición y fase. La imagen es transformada a escala de grises, reduciendo así el número de rangos a analizar. Posteriormente se crean funciones para detectar interferencia esporádica e interferencia ambiente. Después utiliza filtros y operaciones morfológicas como apertura y cierre de la imagen para segmentar regiones de interés. Por último, aplica técnicas de seguimiento de contornos y regresión gaussiana para identificar coronas y descargas parciales.

Los resultados obtenidos permitirán auxiliar en la interpretación de las mediciones de descargas parciales y el patrón que éstas arrojan, con la finalidad de identificar fallas incipientes en equipos de potencia.

**Palabras clave --** Patrón N-Q- $\Phi$ , Descarga Parcial, corona

## NOMENCLATURA

N	Número de pulsos de DP's por medición
Q	Magnitud de Carga (pC)
$\Phi$	Ángulo de fase (grados)
DP's	Descargas Parciales

## I. INTRODUCCIÓN

Las fallas que ocurren en equipos de potencia como transformadores, generadores, dispositivos de medición de voltaje y corrientes, pueden ser clasificadas en dos tipos, lentas y rápidas. Las fallas rápidas generalmente están asociadas a eventos que no pueden predecirse o que es difícil evitar, por lo que un sistema de diagnóstico tiene pocas probabilidades de éxito.

Las fallas lentas o incipientes, pueden ser detectadas por diversas técnicas en etapas que aún permitan la corrección del daño sin riesgo para el equipo o para el personal que lo opera. Existen varias técnicas de diagnóstico de fallas incipientes, pero el análisis de DP's es uno de los más efectivos [1].

## II. ANTECEDENTES

Las mediciones de DP's se realizan, por norma [2] en laboratorio, para garantizar la confiabilidad de equipos nuevos de potencia. Sin embargo, la Gerencia de Equipos Eléctricos del IIE inició un proyecto para efectuar pruebas de DP's a equipos que se encuentran ya en operación, efectuando las mediciones sin retirar a los equipos evaluados de servicio. A esta técnica se le denomina mediciones en línea [3],[4]. Posteriormente, se desarrollaron equipos para realizar estas mediciones utilizando sistemas de monitoreo que generan patrones de DP's cada media hora, para cada fase de un equipo evaluado. De esta manera, en un día es fácil que se generen 144 archivos de DP's, los cuales deben ser evaluados por un experto [5].

Debido a la gran cantidad de información con respecto a las DP's de las distintas subestaciones y a que el experto no se encuentra disponible de tiempo completo para apoyar en la interpretación de patrones, es necesario desarrollar herramientas que apoyen al experto en el diagnóstico de equipos de potencia.

En este trabajo se presenta un método para automatizar la clasificación de patrones de DP's que permita agilizar el diagnóstico del estado operativo de equipos de subestación, optimizando el tiempo que los expertos tienen que revisar los patrones. Los avances presentados corresponden a la Etapa 1 del proyecto de desarrollo de sistemas de clasificación automatizado de patrones de descargas parciales.

## III. MARCO TEÓRICO

### A. Descarga parcial

Una descarga parcial es la ionización transitoria causada por concentración de campo eléctrico y que parcialmente abarca la distancia entre electrodos [6].

### B. Patrón N-Q- $\Phi$

Un patrón de descargas parciales es un conjunto de pulsos relacionados en magnitud (Q), fase ( $\Phi$ ) y tasa de repetición (N), producidos por DP's [7] y registrados con un detector adecuado [6], como se muestra en la Fig. 1.

Los patrones convencionales contienen, principalmente, tres parámetros de nuestro interés y se denominan N-Q- $\Phi$  :

- El número de repetición (N) que se representa por un color
- La magnitud de la carga (Q) que proporciona la abscisa al origen
- El ángulo de fase ( $\Phi$ ) donde ocurren las descargas, con respecto al instante en que el voltaje aplicado cambia de polaridad hacia positivo.

Manuscrito enviado para revisión el 23 de abril del 2004. Este trabajo fue realizado bajo proyecto "Desarrollo de sistemas de clasificación automatizado de patrones de descargas parciales" financiado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Los autores V.R. Garcia-Colon (gcolon@ieee.org), R. González Melchor (rgonzalez@scotiach.com.mx) y M.E. Hernández Valois en el momento de elaborar el documento pertenecían a la Gerencia de Equipos Eléctricos del IIE.

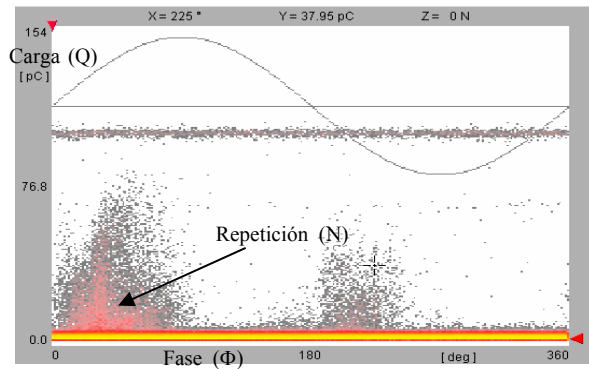


Fig. 1. Patrón N-Q-Φ de una descarga parcial obtenida de un detector de DP's

#### IV. MÉTODO DE PRECLASIFICACIÓN

El método de preclasificación desarrollado permite analizar archivos de datos (generados por un sistema de medición comercial de DP's), extraer información de ellos, para posteriormente producir imágenes que representan patrones de DP's tipo N-Q-Φ. Después, se realiza un tratamiento de la imagen para quitar ruido y apuntar a la zona que identifica las descargas parciales.

El primer paso es transformar el patrón de DP de una representación de 256 colores a un patrón en escala de grises. Esta importante operación es una forma de representar la variabilidad con el tiempo del valor de una descarga sin alterar la morfología del patrón. Además, al reducir los colores, se reduce el número de niveles y se facilita el manejo numérico de las matrices que representan la imagen. El segundo paso consiste en eliminar todas las líneas que no contienen ningún tipo de información "líneas vacías".

Una vez realizados estos pasos, es posible iniciar el proceso de preclasificación de los patrones de DP's, pero siempre utilizando en el patrón N-Q-Φ a color para incluir ahí los señaladores que distinguen las interferencias de las DP's.

La preclasificación contempla la identificación de los elementos mostrados en la Tabla 1 y la inclusión de flechas y rótulos para cada uno de los patrones de DP's:

Tabla 1  
Preclasificación de los Patrones de DP's

Interferencias	Ruido Esporádico
	Ruido de fondo
	Coronas
Descargas Parciales	

Para realizar la preclasificación, fue necesario desarrollar funciones que consideren el color de cada píxel y la cantidad de vecinos que los rodean. En los ejemplos presentados en este artículo se clarificará la información aquí descrita.

##### A. Conversión de los archivos de datos comerciales a imágenes de patrones N-Q-Φ de DP's

Los resultados presentados aquí se desarrollaron analizando las imágenes producidas por tres diferentes equipos comerciales de detección de DP's. Para realizar los análisis aquí descritos se extrajo la información de los archivos de salida de estos equipos correspondientes a la imagen del patrón N-Q-Φ.

Esta parte de datos se guarda en un nuevo archivo al cual además, se le generó un encabezado apropiado a las características de la imagen. También se agregaron los bytes de la imagen, organizados en 256 columnas por 256 filas de 2 bytes que representan el color (256x256x2). Donde la intersección entre columnas y renglones representa un píxel en la imagen.

##### B. Manejo del patrón de DP's

Con la finalidad de minimizar el tiempo de procesamiento en el análisis, se realiza un tratamiento de la imagen. El primer paso es transformarla a escala de grises con el propósito de reducir el número de colores y facilitar el manejo de los mismos. Al reducir el número de colores se agrupa la información de repetición en niveles discretos que reducen las demandas de memoria del sistema. El segundo paso consiste en eliminar todas las líneas que no contienen ningún tipo de información "líneas vacías".

###### 1) Escala de grises

Para la conversión de la imagen a escala de grises se consideró un dato muy importante en los patrones N-Q-Φ que es N. N es el número de repeticiones de pulsos de DP's con la misma carga y fase durante el tiempo de la medición. Los colores del patrón corresponden a una función log o normal con respecto al medidor de descargas. Para la escala de grises se tomó en cuenta la función logarítmica. Esto de manera que fuera posible reducir el número de colores a tonos de gris, sabiendo que los colores también corresponden a un rango de repeticiones. La Fig. 2 se muestra en escala de grises, con repetición de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2.  
Tonos de gris utilizados para reducir los patrones

Repeticiones	Tonos de gris
$2^0 - 2^2$	
$2^2 + 1 - 2^4$	
$2^4 + 1 - 2^6$	
$2^6 + 1 - 2^8$	
$2^8 + 1 - 2^{10}$	
$2^{10} + 1 - 2^{12}$	
$2^{12} + 1 - 2^{14}$	
$2^{14} + 1 - 2^{16}$	

Por mencionar a que se refiere N vea que el color Azul (el primero de abajo hacia arriba en la Fig. 3 corresponde a un rango de repeticiones de 32769 a 65536.

###### 2) Eliminación de líneas vacías

Dentro de las imágenes se observa frecuentemente,

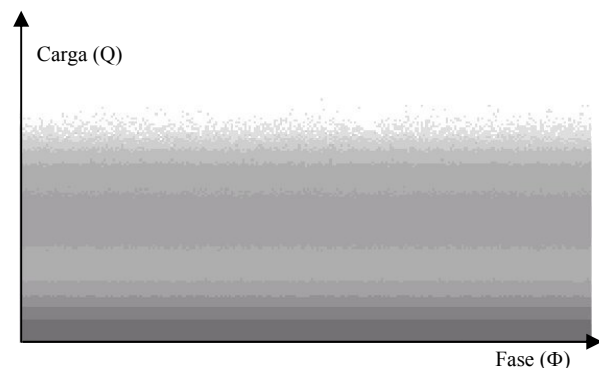


Fig. 2. Patrón de DP's en escala de grises

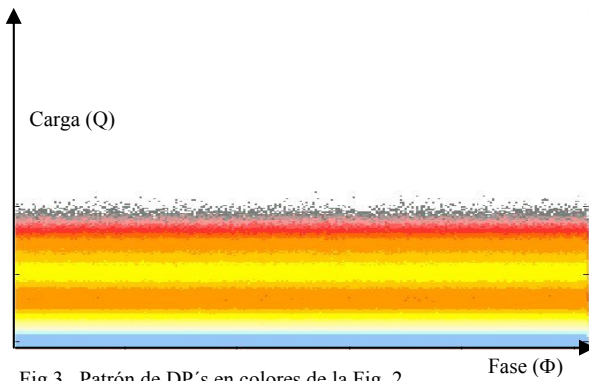


Fig.3. Patrón de DP's en colores de la Fig. 2.

secciones en blanco, como se muestra en la Fig.4. Cada píxel en blanco indica que no ocurrió ninguna repetición en la intersección de las coordenadas X (el ángulo de fase  $\Phi$ ) y Y (Carga Q).

Esto quiere decir que aquellas líneas horizontales compuestas solamente de píxeles en blanco, no contienen información que sea de interés para el análisis de los patrones, por lo tanto deben ser eliminadas de la imagen o en su defecto ser descartadas de las matrices durante el análisis matemático, como se observa en la Fig.5.

Esto permite reducir considerablemente el número de elementos de estudio, que reduce los tiempos de cómputo, dependiendo del tipo de patrón o de la precisión con que fueron medidas las DP's.

### C. Análisis de los patrones de DP's

Una vez modificada la matriz de datos sin líneas blancas en la imagen, es posible iniciar el proceso de preclasificación de los patrones de DP's, de acuerdo con [7], que se describe a continuación.

#### 1) Identificación del ruido de fondo

El principal obstáculo para la medición de DP's en sitio es el ruido de fondo o ruido ambiente [8],[9]. Éste se produce por la presencia de interferencia electromagnética en el sitio de medición.

En los patrones, se caracteriza como secciones o barras horizontales de colores similares (con tasas de repetición variables, pero que al reducir la imagen a todos de gris no

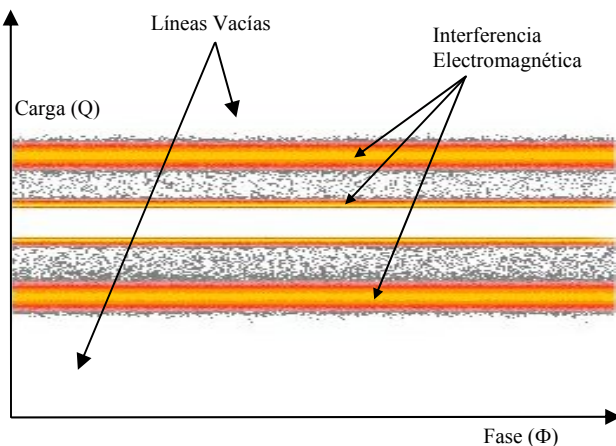


Fig.4. Patrón con líneas vacías

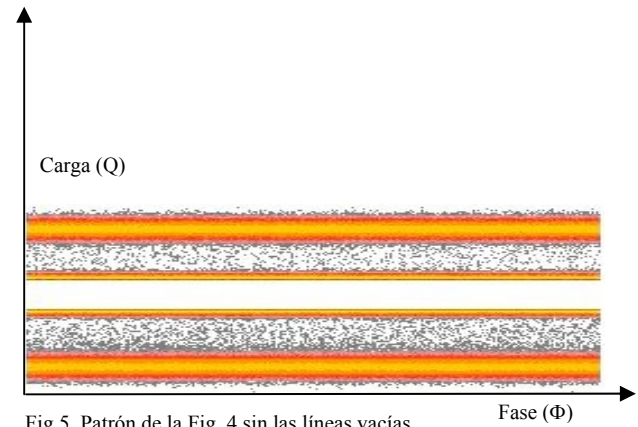


Fig.5. Patrón de la Fig. 4 sin las líneas vacías

distan más de un nivel), como se observa en la Fig.4.

Estas barras se presentan porque las señales que la producen son asíncronas con el voltaje de prueba [9]. Esto es, no corresponden a problemas internos del aislamiento que se manifiesten a causa del campo eléctrico aplicado y por lo tanto, estas barras deben ser eliminadas del patrón. Ver Fig.6.

Cabe mencionar que todas las comparaciones se realizan con base en la imagen en escala de grises. Pero los resultados se presentan en la gráfica de color.

#### 2) Identificación de ruido esporádico

El ruido esporádico es aquel que presenta bajas tasas de repetición [7]. Dentro de las imágenes en 256 colores puede observarse como píxeles aislados de color gris claro, como se muestra en la Fig.7.

Para eliminar este tipo de ruido se desarrollaron funciones que analizan píxel a píxel considerando dos parámetros: la magnitud de repetición de la carga (N) dada por el color original, y la cantidad de vecinos del píxel. De manera que un píxel debe ser eliminado si presenta baja repetición y tiene pocos vecinos, como se observa en la Fig.8.

Los criterios de similitud son variables que pueden ser ajustadas por un experto durante la ejecución del programa.

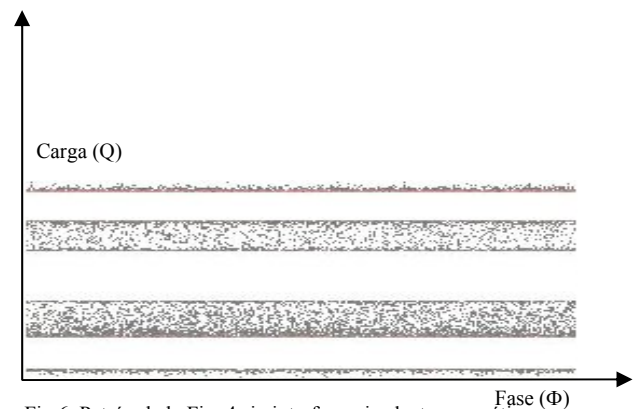


Fig.6. Patrón de la Fig. 4 sin interferencia electromagnética

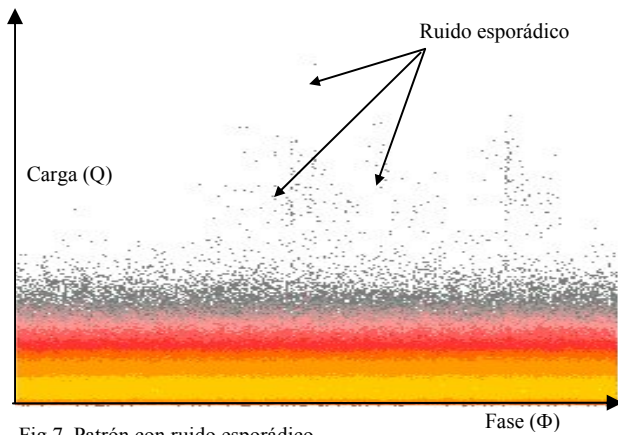


Fig. 7. Patrón con ruido esporádico

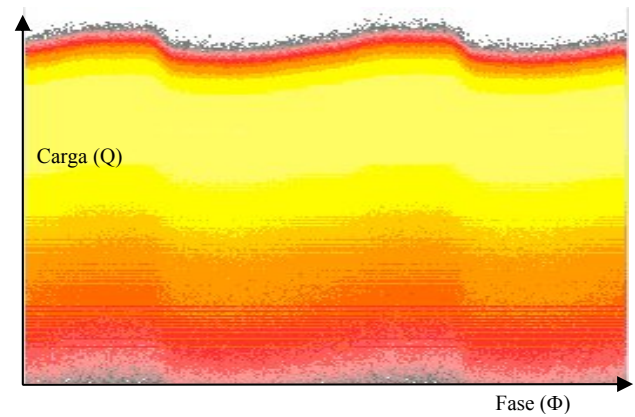


Fig. 9. Patrón con interferencia electromagnética o ruido muy elevado, falta de precisión

### 3) Determinación del porcentaje que representa el ruido dentro del patrón

Considerando el tamaño de la imagen original y el de la imagen resultante después de eliminar el ruido, es posible calcular el porcentaje que éste representa dentro del patrón.

Si el porcentaje de Ruido es superior al 90% como en la Fig. 9 se debe detener el análisis de la imagen, justificando la falta de precisión en la medición [11].

### 4) Identificación de coronas

Los patrones de corona en las imágenes N-Q- $\Phi$ , generalmente se muestran como elipses de diferentes tamaños, con colores intensos, lo que indica que tienen un alto grado de repetición, como se observa en la Fig. 10. Generalmente el centro de una corona es de color amarillo que equivale a una repetición N que va de 28 a 211, y se degradan hasta llegar a tonalidades rojas que corresponden a tasas de repetición entre 22 y 28.

La identificación de elipses se realiza en 2 fases, la primera consiste en aplicar un filtro que permite ubicar solo aquellos elementos de nuestro interés, es decir, regiones cuyos píxeles se encuentran en el rango de repetición entre 22 y 211.

La segunda fase consiste en identificar conjuntos de píxeles cercanos y obtener la siguiente información:  $x1$  que corresponde a la coordenada en  $x$  (fase) para el primer píxel de

cada conjunto,  $x2$  la coordenada en fase para el último píxel,  $y1$  y  $y2$  coordenadas para el primer y último píxel en  $y$  (carga). De manera que se pueda extraer de la imagen original un rectángulo con las coordenadas ( $x1$ ,  $y1$ ,  $x2$ ,  $y2$ ) que contenga la agrupación de píxeles cercanos, para su estudio independiente. Por último se dilata cada porción o segmento de la imagen con una máscara rectangular. Si el número de esquinas vacías antes y después de la apertura es igual, significa que el segmento contiene una elipse y debe considerarse como corona.

### 5) Identificación de DP's

Dentro de los patrones N-Q- $\Phi$ , las DP's tienen formas similares a campanas de gauss, son de diferentes colores o tasa de repetición y de diferentes tamaños (alto o magnitud de carga y ancho o ángulo de fase), como se observa en la Fig. 11. Para extraer estos patrones del resto de la imagen se realizaron operaciones morfológicas de apertura y cierre.

También pueden existir patrones unidos parcialmente como se muestra en la Fig. 12.

Cuando se presentan dos patrones de DP's unidos, como en el caso expuesto en la Fig. 12, se analiza el comportamiento del contorno hasta donde se interceptan los patrones. Se asume que la porción de contorno desconocida tiene el mismo comportamiento que el contorno conocido, por lo que dicho segmento se dividirá como se muestra en la Fig. 13.

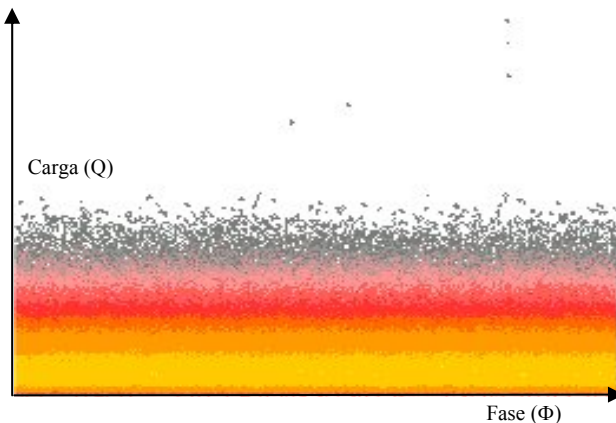


Fig. 8. Patrón de la Fig. 7 sin ruido esporádico, aplicando un criterio de eliminación de píxel cuando existen menos de 2 vecinos.

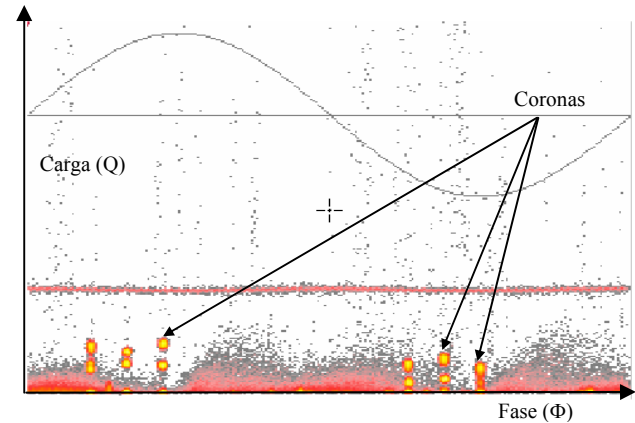


Fig. 10. Patrón con coronas



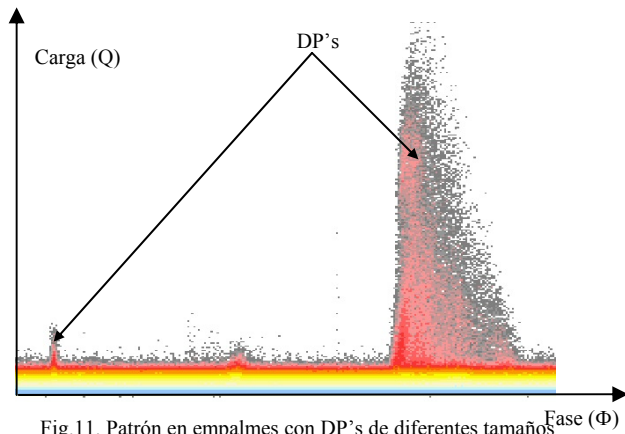


Fig. 11. Patrón en empalmes con DP's de diferentes tamaños

realizada en el pozo de visita 5, fase A de la refinería. En el patrón N-Q-Φ se observa un elevado porcentaje (90%) de interferencia electromagnética.

Cuando se presentan más de dos patrones unidos, se emplea el mismo algoritmo expuesto en el párrafo anterior para extraer los patrones de las orillas. Además, se desarrolló un algoritmo adicional, para identificar los patrones ubicados en el centro.

El algoritmo consiste básicamente en: localizar el punto máximo (Amp) y los puntos donde se intersecta con los otros patrones (a y b). Calcular el área A1 mediante la sumatoria de todas las posiciones ocupadas en la imagen desde a hasta b. Después se calcula A2 mediante la integral definida que se presenta en (1) y se varía k hasta que A2 se igual o se aproxime en un 95% a A1.

$$A2 = Amp \int_a^b e^{-K(x-x_{Amp})^2} dx \quad (1)$$

Donde: Amp es el punto máximo o amplitud de la campana de gauss. a, b son los puntos donde se intercepta con otras funciones. xAmp es la coordenada en la que se localiza Amp. k es una constante que determina ancho de la campana.

De esta manera es posible separar los patrones de DP's como se muestra en la Fig. 14.

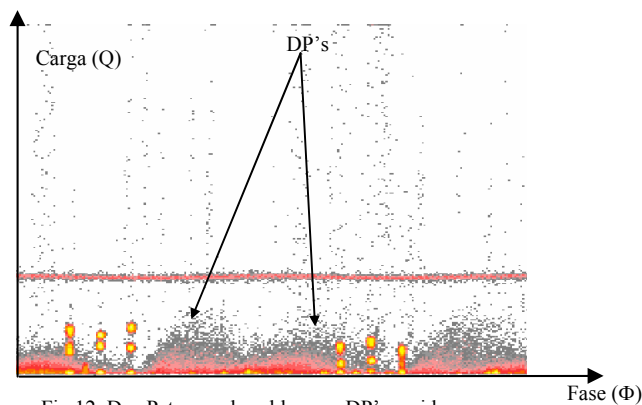


Fig. 12. Dos Patrones de cables con DP's unidos.

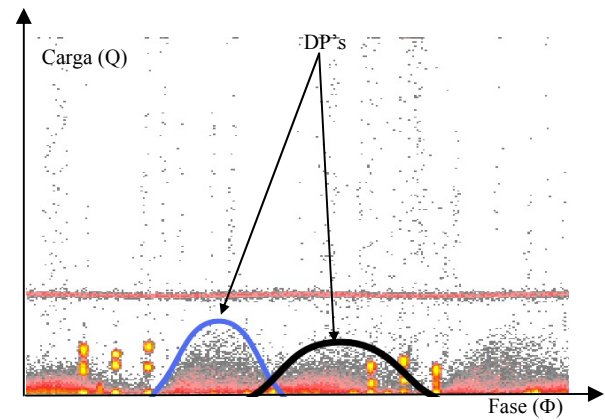


Fig. 13. Patrones de DP's separados mediante análisis de contorno.

## V. EVALUACIÓN DEL SISTEMA “CLASIFICACIÓN DE PATRONES DE DP's” APLICADO AL DIAGNÓSTICO DE LAS REDES SUBTERRÁNEAS DE UNA REFINERÍA

Los sistemas subterráneos de distribución de energía eléctrica utilizan cables con aislamientos sólidos y empalmes en cada registro hombre o pozo de visita que pueden presentar descargas parciales. A continuación se presentan los resultados de la medición de un circuito de distribución eléctrico en una refinería, donde se ejemplifica el uso del sistema “Clasificación de Patrones de DP's” en el diagnóstico de cada sección de cable subterráneo y empalme.

La Fig. 15 muestra una medición realizada en la acometida de la subestación. Mientras que a unos metros de acometida se repitió la medición en la puesta a tierra de los transformadores de corriente de la refinería donde se presenta un alto nivel de interferencia. Al realizar la medición en los TC's el patrón de DP's se clasifica como coronas como se observa en la Fig. 16.

La medición realizada en el pozo de visita 4, fase C se muestra en la Fig. 17. El patrón presenta interferencia electromagnética (69% de la señal), y DP's.

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Existen técnicas establecidas para filtrar y segmentar imágenes [12], pero no se aplican en el estudio de DP's debido a las peculiaridades de la información. Debido a ello

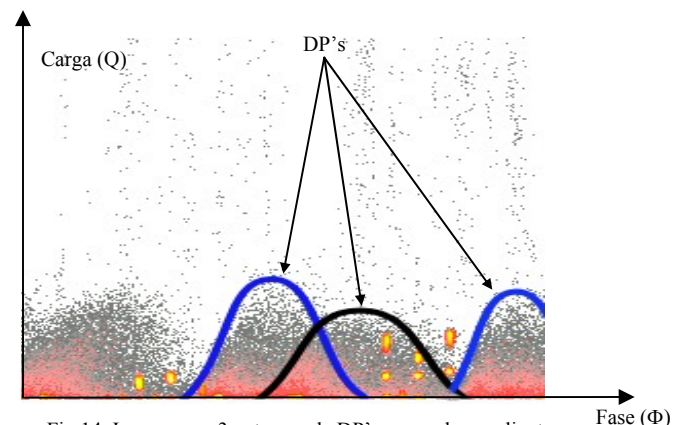


Fig. 14. Imagen con 3 patrones de DP's separados mediante análisis de contorno, y regresión gaussiana.

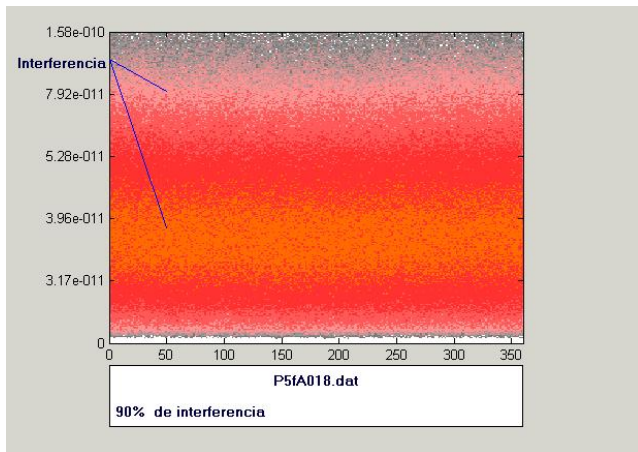


Fig. 15. Patrón con un porcentaje elevado de interferencia electromagnética en subestación de distribución.

se eligieron algunas partes del análisis de patrones y tuvieron que ser adaptados.

Además, se realizaron funciones de optimización de tiempo, ya que las técnicas de vecindad son confiables pero utilizan demasiado tiempo de procesamiento.

Los resultados obtenidos del uso de este sistema de preclasificación fueron evaluados y aprobados por expertos en el análisis de DP's [13].

## VII. CONCLUSIONES

Se desarrolló método que permite, mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes, generar la siguiente preclasificación: interferencia esporádica, interferencia de fondo coronas y DP's.

Logrando una automatización confiable en un 95% de la primera Etapa de clasificación de patrones de DP's. Este logro permite avanzar el estado del arte mediante la integración de monitoreo continuo en máquinas en operación con un diagnóstico de confiabilidad realizado sin la intervención de expertos ni la necesidad de retirar de servicio al equipo evaluado.

La siguiente Etapa del Proyecto "Desarrollo de sistemas de clasificación automatizado de patrones de descargas parciales" consiste en clasificar los elementos obtenidos en la primera preclasificación, y proporcionar un diagnóstico detallado.

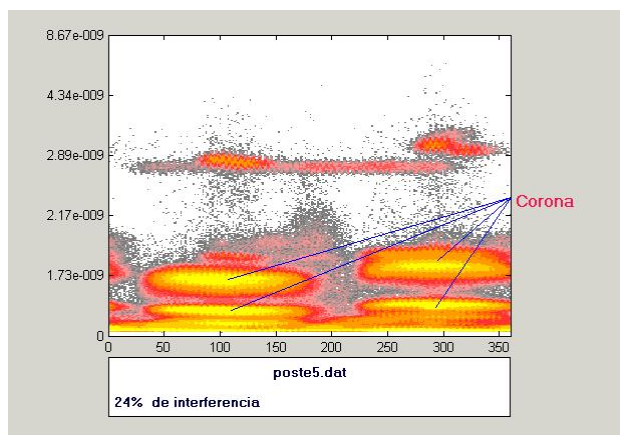


Fig. 16 Patrón con efecto corona en mediciones de transformadores de corriente de 400 kV.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] V.R. Garcia-Colon, "Distributed PD Measuring Techniques (D-Pdm) For Installed Power Equipment Diagnosis", IEEE Conference On Electrical Insulation And Dielectric Phenomena CEIDP 2002, , Cancún, Mexico, October 20-24, 2002.
- [2] International Electrotechnical Commission, Standard IEC60270, High Voltage Testing - Partial Discharge Measurements, Switzerland, Third Edition 2000-12.
- [3] V.R. Garcia-Colon, "Power Cable On-line Diagnosis Using Partial Discharges Ultra Wide Band Techniques", IEEE Large Engineering System Conference on Power Engineering, LESCOPE'01, Halifax, Canada, July 11-13, 2001.
- [4] V.R. Garcia-Colon H., Evolution of Partial Discharges Waveshapes in Spherical Voids Using Ultra Wide Band Techniques, PhD Thesis, University of Manchester Institute of Science and Technology, UMIST, August 1994.
- [5] H.O. de la Torre Vega, O. Escorsa Morales, A. Castañeda Parra, V.R. Garcia-Colon, E. Lopez Azamar, "Sistema de Diagnóstico Asistido por Computadora Integrado a un laboratorio móvil", Boletín IIE, Año 23, enero-febrero 1999, Vol. 23, núm 1, ISSN 0185-0059, pp. 25-33.
- [6] V. R. Garcia-Colon, "Fundamentos Teóricos de Descargas Parciales", IIE, Curso IIE, México, Junio 2002.
- [7] CIGRE Study Committee WG21.03, "Recognition of Discharges", Paper 21, Electra, Publication 11, pp. 61-98, 1968.
- [8] R. Bartnikas and E.J. McMahon, editors, Corona Measurements and Interpretation, Engineering Dielectrics, Vol. 1 STP669, ASTM Press, Philadelphia, 1979.
- [9] C.G. Azcárraga Ramos, V.R. Garcia-Colon, "Comparación entre técnicas convencionales y de banda ultra ancha para la detección de descargas parciales en cables de energía", IEEE Reunión de Verano RVP-AI/02 Acapulco, Gro., del 7 al 13 de julio del 2002.
- [10] Gockenbach, E., Hauschild, H., "The selection of Frequency Range for High Voltage On-Site Testing of Extruded Insulation Cable Systems", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 16 No.6, Nov/Dec. 2000.
- [11] International Electrotechnical Commission, Standard IEC60060 -1, High Voltage Test techniques. Part 1: general definition and test requirements- Partial Discharge Measurements, 1989 -11.
- [12] N Montes, "Desarrollo de algoritmos de segmentación de frutos maduros y verdes de café en imágenes tomadas en condiciones controladas, basados en las propiedades de color", Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, 2001

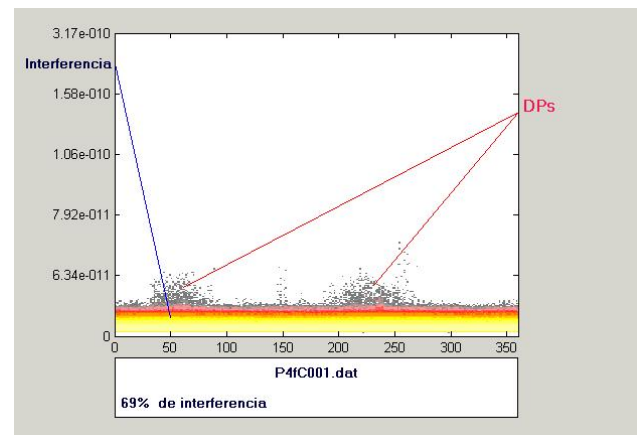


Fig. 17 Patrón con interferencia y DP's en empalmes de cables subterráneos 13.8 kV.

- [13] V.R. Garcia-Colon, "Reliability Centered Maintenance For Underground Distribution Networks Using On-Line Distributed PD Measurements", XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering, ISH 2003, Delft, the Netherlands, 25 – 29 August 2003.

## IX. BIOGRAFÍAS

**Vicente Rodolfo García Colón Hernández (M 96, SM 02)** Nació en Xalapa Veracruz, México, Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Universidad Veracruzana en 1986. Obtuvo el grado de Maestría en Sistemas de Potencia en 1990 y Doctorado en 1994 en el Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Manchester, Inglaterra. Reingresó al IIE en 1994, como jefe del proyecto de "Diagnóstico de transformadores de potencia". El Dr. García Colón es miembro del Comité de Normalización de Transformadores de Potencia de Distribución CFE-LAPEM-IIE y de Transmisión de CFE, así como del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas. El Dr. García Colón está reconocido por CONACYT como evaluador de proyectos tecnológicos y fue presidente del Capítulo de Potencia del IEEE del 2001 al 2003 y presidente de la Sección Morelos IEEE 2003 a 2004. Actualmente es Representante de Capítulos de la Sociedad de Potencia de IEEE.

**Rudith González Melchor.** Estudió Ingeniería en Sistemas Computacionales con especialidad en Base de Datos y Redes en el Instituto Tecnológico de Zacatepec de 1999 a 2003. Realizó residencias profesionales y la estancia de Adiestramiento en Investigación tecnológica en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en la Gerencia de Equipos Eléctricos de septiembre de 2003 a septiembre de 2004. Posteriormente fue contratada para brindar asesoría en el diseño y desarrollo de un sistema de reconocimiento de patrones de descargas parciales en generadores eléctricos, de octubre de 2004 a diciembre de 2004.

**Maria Eira Hernández Valois** Estudió la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales con especialidad en Base de Datos y Redes en el Instituto Tecnológico de Zacatepec de 1999 a 2003, realizó residencias profesionales en el IIE en 2003 a 2004 donde desarrollo el proyecto de "Procesamiento digital de imágenes para la clasificación de patrones de descargas parciales en boquillas con envoltorio de porcelana".