

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 2861			
Título del proyecto: Evaluación de la Degradación por Descargas Parciales en Cavidades Gaseosas por Medio del Índice K			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Ingeniería eléctrica			
Grupo (s) de investigación: Convergencia			
Entidades:			
Palabras claves: descargas parciales, capacitancia, factor de disipación, índice k			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Jose Luis Oslinger	10 h/s	10 h/s
Coinvestigadores	Luis Carlos Castro	10 h/s	10 h/s
Otros participantes			

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. Resumen ejecutivo

La degradación natural o acelerada de los sistemas de aislamiento dieléctrico de las máquinas eléctricas rotativas de alta tensión produce descargas parciales las cuales a su vez pueden ser medidas para evaluar la condición del aislamiento. A pesar de que el diagnóstico mediante medición de descargas parciales es una línea de investigación consolidada a nivel mundial, en Colombia su utilización esta drásticamente limitada por los costos de implementación y porque frecuentemente se requiere un especialista para la correcta interpretación de los resultados.

Este proyecto busca contribuir a la apropiación de la técnica que permita mitigar las limitaciones antes mencionadas. Particularmente, el objetivo de este proyecto es validar el índice K como herramienta de diagnóstico para inferir información sobre la actividad de descargas parciales asociada a la degradación de un sistema de aislamiento sin recurrir a la medición directa de descargas parciales. La definición del índice K se basó en el análisis teórico de la dependencia de los valores de capacitancia y del factor de disipación del ángulo de fase de los pulsos de descargas parciales. Para la validación experimental, primero se diseñaron y construyeron muestras dieléctricas simples con inclusiones gaseosas que simulaban la degradación del dieléctrico. Los resultados preliminares obtenidos con estas muestras simples fueron consistentes con el análisis teórico y por lo tanto se continuó la validación en objetos reales tales como barras del estator de un generador de 13.8kV. Los datos experimentales mostraron consistentemente que conforme incrementa la degradación del aislamiento ocurre un desplazamiento de los patrones en fase resuelta de las descargas parciales hacia el cruce por cero del voltaje de prueba aplicado y una reducción del índice K . Dicho comportamiento permitió concluir que el índice K puede ser utilizado para estimar la degradación del sistema de aislamiento. La ejecución de este proyecto contó con la colaboración del Laboratorio de Alta Tensión de Delft University of Technology de Holanda, donde se llevaron a cabo parte de las mediciones de laboratorio necesarias.

Partial discharges are a consequence of almost any degradation mechanism affecting the stator insulation system of high-voltage electrical rotating machines that in turn can be measured to evaluate the condition of the insulation. Despite a lot of research has been done on the insulation diagnosis by partial discharge measurements worldwide, in Colombia its use is strongly limited by the related costs and because usually a specialist is required to achieve a proper reading and interpretation of results. This project seeks for contributing to the development of the partial discharge technique such that the aforementioned limitations can be reduced. The main objective is validate the index K as a diagnostic tool that is able to infer information about the partial discharge activity due to the insulation degradation, but without carrying out a partial discharge measurement. The definition of the index K was the result of the theoretical analysis about the dependence of the capacitance and dissipation factor on the phase angle of the partial discharge pulses. The experimental methods comprised measurements firstly on simple dielectric samples designed and constructed to have voids drilled to simulate the insulation degradation. After the results from these simple test objects were in agreement with the theoretical analysis, a set of actual-sized 13.8kV stator bars were prepared and tested. The experimental data showed consistently that the insulation degradation leads to a shift towards the zero-crossing point of the applied test voltage and to a decrease of the index K . Such a observed behavior allowed to conclude that the index K can be used to estimate the degradation of the stator insulation. The experimental procedure was carried out partly in collaboration with the Delft University of Technology – The Netherlands.

3. Síntesis del proyecto

La operación confiable de los sistemas eléctricos de potencia requiere la evaluación de la condición de los equipos de alta tensión, lo cual incluye el diagnóstico del sistema de aislamiento dieléctrico. En este sentido, esta investigación tuvo como objetivo estimar la degradación por cavidades gaseosas de un sistema de aislamiento por medio de los cambios en el índice K calculado a partir de mediciones en objetos de laboratorio.

Los sistemas de aislamiento de las máquinas eléctricas rotativas en servicio sufren de envejecimiento en la forma de inclusiones gaseosas y delaminación como consecuencia de los esfuerzos térmicos, eléctricos, mecánicos y medio ambientales, que puede darse a un ritmo natural o acelerado cuando existen problemas de fabricación o cuando la operación de la máquina no se realiza dentro de sus límites de diseño.

El diagnóstico entonces busca detectar y cuantificar los cambios en los parámetros dieléctricos producto del envejecimiento para planificar mantenimientos y así anticipar fallas en operación. La complejidad de los mecanismos de degradación imposibilita que una sola técnica de medición o de diagnóstico pueda proporcionar toda la información que es necesaria para estimar la condición del aislamiento. En cambio, se hace necesario un conjunto variado de técnicas complementarias. Entre estas, la medición de descargas parciales es una de las técnicas de mayor investigación y aplicación industrial a nivel mundial, siendo así debido a que todos los mecanismos de degradación del aislamiento producen descargas parciales.

Desde el punto de vista técnico, los distintos defectos en el aislamiento pueden detectarse, reconocerse y localizarse a través de la medición adecuada de descargas parciales. No obstante, el costo de la misma y en algunos casos la necesidad de un especialista para la correcta interpretación de resultados limitada drásticamente su aplicación en la industria nacional.

En tanto se impulsa la investigación en descargas parciales que permita la apropiación de la técnica, es necesario buscar alternativas que aporten a las necesidades de diagnóstico. El grupo de Investigación Convergencia ha contribuido a este propósito a través de la formulación y validación del índice K , derivado de mediciones de capacitancia y factor de disipación. Como se discutirá en detalle más adelante en este reporte, el índice K como herramienta de diagnóstico presenta tres ventajas significativas: primero, el índice permite inferir información de la actividad de descargas parciales sin llevar a cabo una medición directa de ellas. Segundo, el índice amplía la interpretación y entendimiento actual de los valores de capacitancia y factor de disipación, potencializando su uso. Tercero, el índice es calculado a partir de mediciones de capacitancia y factor de disipación las cuales, a diferencia de las mediciones de descargas parciales, son de aplicación general y común en la industria colombiana.

La formulación del índice K como herramienta de diagnóstico requirió responder previamente a la pregunta de investigación ¿cómo afectan los pulsos de descargas parciales particularmente a los valores medidos de capacitancia y factor de disipación?

La respuesta a esta pregunta permitió entonces establecer los siguientes objetivos específicos para este proyecto dentro del marco de la investigación del índice K :

Objetivo. 1 — Diseñar e implementar un sistema de electrodos para producir descargas parciales exclusivamente en cavidades al interior de un material dieléctrico que permita reproducir un sistema de aislamiento con distintos niveles de degradación.

Objetivo. 2 — Caracterizar la actividad de descargas parciales en cavidades por medio del índice K y de los parámetros de los patrones en fase resuelta.

Objetivo. 3 — Investigar la correlacionar entre el índice K y la actividad de descargas parciales para diferentes niveles de degradación configurados por medio del sistema de electrodos.

En la Figura 1 se muestra un esquema general de la investigación que llevó a la formulación del índice K donde se puede identificar los objetivos de este proyecto.

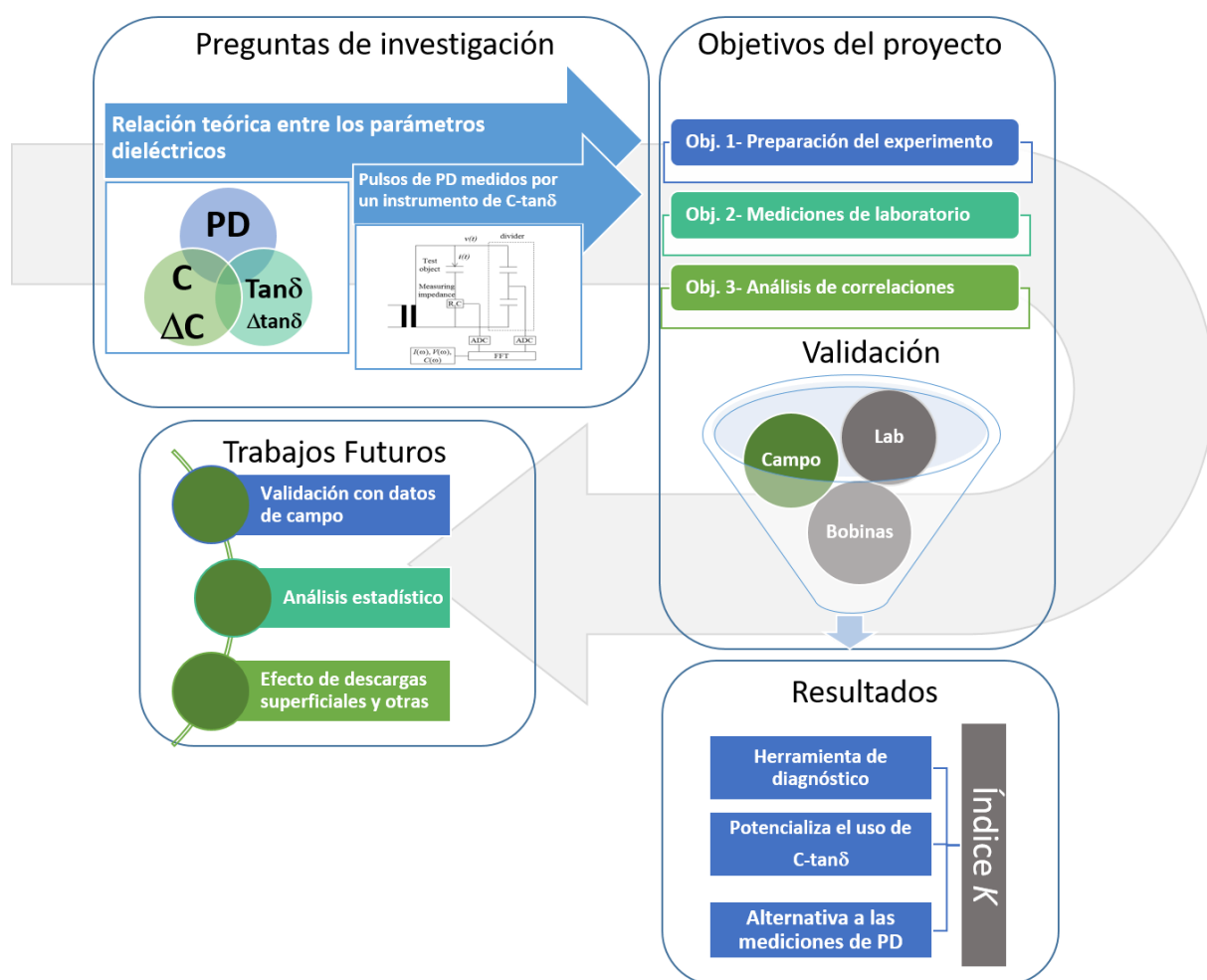


Figura 1. Esquema general de la investigación en relación al índice K .

Tal como se puede observar en el esquema, las respuestas a las preguntas de investigación constituyeron el fundamento teórico para definir la hipótesis de que los pulsos de descargas

parciales (PD) afectan los valores de capacitancia tip-up (ΔC) y factor de disipación tip-up ($\Delta \tan \delta$) en función del ángulo de fase en el que ocurren, relación que es cuantificada por medio del índice K . Los métodos experimentales necesarios para la validación de esta hipótesis se diseñaron y se llevaron a cabo en este proyecto (objetivos). La metodología seguida para la validación experimental consistió en realizar mediciones de los parámetros PD, ΔC y $\Delta \tan \delta$ en 2 tipos de objetos de prueba. Primero, las mediciones se realizaron en un electrodo de planos paralelos con un dieléctrico en medio al cual se le proporcionaron diferente número de inclusiones gaseosas para simular el envejecimiento de un sistema de aislamiento. Seguidamente, se realizaron mediciones en barras (bobinas) reales de generadores de alta tensión. Los resultados mostraron que el índice K es sensible a la degradación del sistema de aislamiento de barras estatóricas debido a inclusiones gaseosas y por lo tanto puede ser explorado como herramienta de diagnóstico. La validación final hace parte de los trabajos futuros, para los cuales se busca calcular el índice a partir de mediciones en campo en devanados completos.

Algunos de los detalles de cada una de las etapas de la investigación antes descritas se muestran a continuación como parte de la metodología seguida:

Etapas 1. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo afectan los pulsos de descargas parciales particularmente a los valores medidos de capacitancia y factor de disipación?

Es ampliamente conocido que el comportamiento de la capacitancia y del factor de disipación con el voltaje de prueba depende estrechamente de la degradación del sistema de aislamiento, degradación que implica descargas parciales en los vacíos/inclusiones gaseosas en el interior del aislamiento. En [1] como en muchas otras referencias se puede observar claramente el crecimiento característico de la capacitancia y del factor de disipación medido en bobinas con distintas condiciones de degradación a lo largo de un programa de envejecimiento acelerado. El incremento en la capacitancia y en el factor de disipación debido a las descargas parciales se conoce como valores tip-up [2] y se expresan matemáticamente como se muestra en (1).

$$\Delta C = 100 \times \frac{(C - C_0)}{C_0} \quad [\%] \quad (1)$$
$$\Delta \tan \delta = \tan \delta - \tan \delta_0 \quad [\%]$$

Ambos parámetros han sido ampliamente utilizados en la industria, e incluso se han definido valores límite prácticos para $\Delta \tan \delta$ de 0.5~2% [3][4][5], y para ΔC de 1~3% [3][6]. Lo particular con estos parámetros es que comúnmente se asume que ambos se incrementan con la actividad de descargas parciales, a pesar de que estudios como [7] han proporcionado evidencias de que los pulsos de descargas parciales afectan distintamente los valores de $\Delta \tan \delta$ y ΔC dependiendo del ángulo de fase.

Basado en esta relación, en este proyecto se realizó una simulación en la que se calcularon los valores de capacitancia y factor de disipación para el caso de un condensador ideal que presenta un pulso de descarga parcial que ocurre a un ángulo de fase que varía de 0 a 90°.

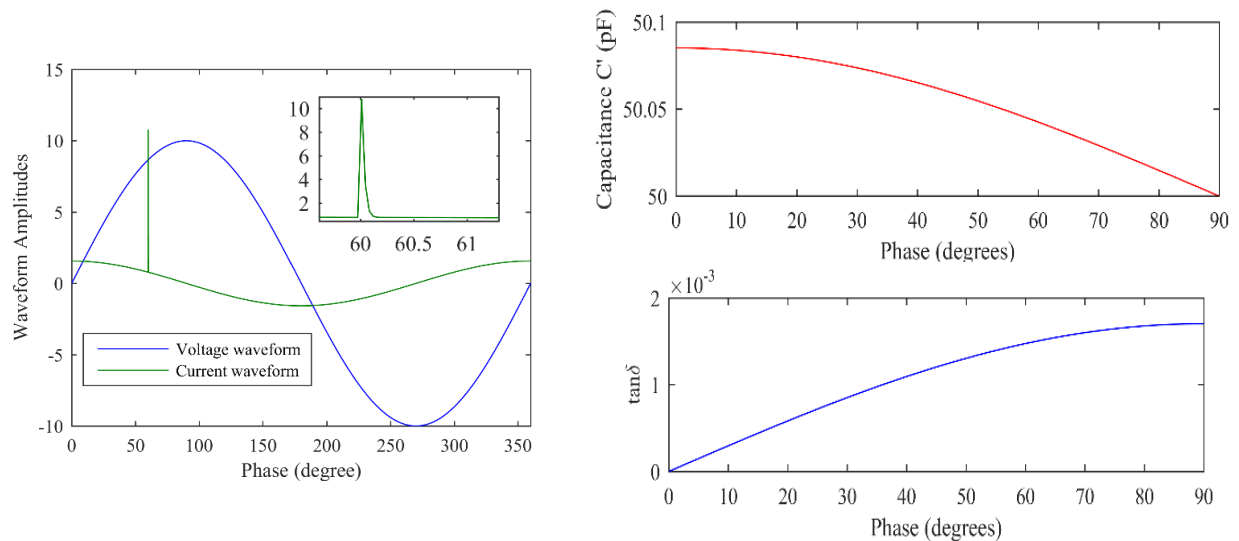


Figura 2. Simulación de un condensador ideal con un pulso de descarga parcial. Formas de onda del voltaje y de la corriente y del pulso de descarga parcial (izquierda). Valores calculados de la capacitancia y del factor de disipación en función del ángulo de fase (derecha).

Los valores de la simulación mostrados en la Figure 2 indican que un pulso de descarga parcial que ocurre a 0° tiene el máximo impacto en la capacitancia y mínimo en el factor de disipación. En la medida que el ángulo de fase crece, el efecto en la capacitancia disminuye y crece en el factor de disipación. Así, a un ángulo de 90° , el valor de la capacitancia es mínimo mientras que el valor de factor de disipación es máximo. Estos resultados que son válidos para cada uno de los múltiples pulsos de descarga parcial que ocurren en una medición real permitieron establecer una relación cualitativa entre los valores de $\Delta \tan \delta$ y ΔC y la actividad de descargas parciales.

- ¿Cómo un pulso rápido de descarga parcial es medido por un instrumento diseñado para medir C-tan δ ?

Cuando el objetivo es establecer una relación cualitativa entre los valores de $\Delta \tan \delta$ y ΔC y la actividad de descargas parciales, el preciso determinar hasta qué punto en la práctica un instrumento diseñado para medir C-tan δ puede medir la actividad de descargas parciales. Para resolver a esta pregunta, se realizó la simulación circuital mostrada en la Figure 3 que representa la forma típica en la que los instrumentos digitales actuales [8][9] adquieren las señales de voltaje y corriente para calcular en el dominio de la frecuencia los valores de C-tan δ . De los resultados de la simulación cabe destacar que la impedancia RC en serie con el objeto de prueba que se utiliza para adquirir la señal de voltaje que representa la corriente a través del objeto de prueba actúa como un integrador de los pulsos de descarga parcial. El caso particular de la simulación permitió observar que un pulso de descarga parcial con una duración aproximada de 16.6ns se mide en la impedancia RC como un pulso con una forma de onda diferente cuya duración es de 4.2us. El efecto integrador permite que los pulsos de descarga parcial puedan ser adquiridos por el instrumento de C-tan δ inclusive con su relativamente baja frecuencia de muestreo. Sin embargo, la forma del pulso original se pierde y por lo tanto hay

que entender que los pulsos superpuestos en la forma de onda de la corriente de frecuencia industrial no son los pulsos de descarga parcial originales sino en cambio la respuesta circuital del instrumento de medición.

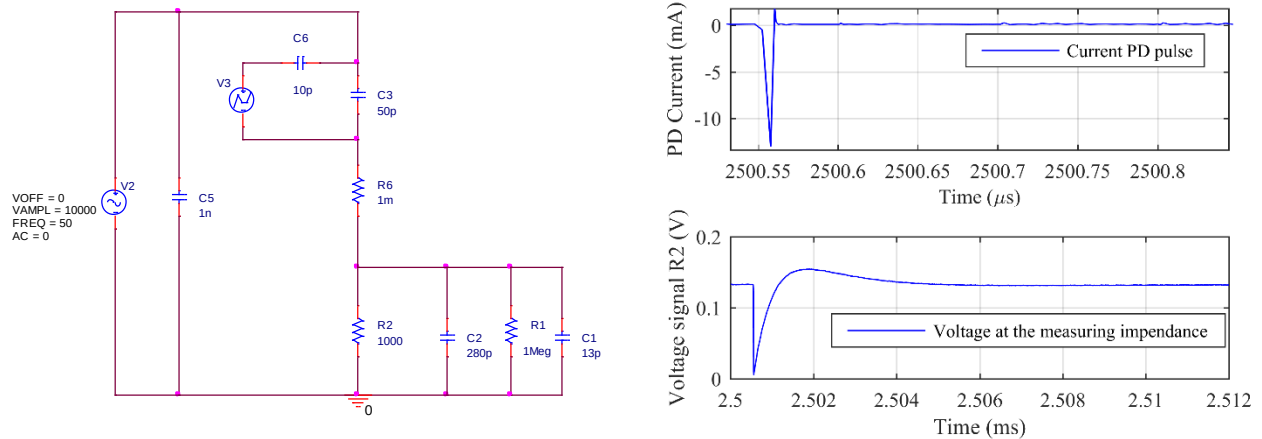


Figura 3. Simulación circuital de un pulso rápido de descarga parcial medido en la impedancia RC de un instrumento de medición de capacitancia y factor de disipación.

Etapas 2. Objetivos de este proyecto

- Diseñar e implementar un sistema de electrodos para producir descargas parciales exclusivamente en cavidades al interior de un material dieléctrico que permita reproducir un sistema de aislamiento con distintos niveles de degradación.

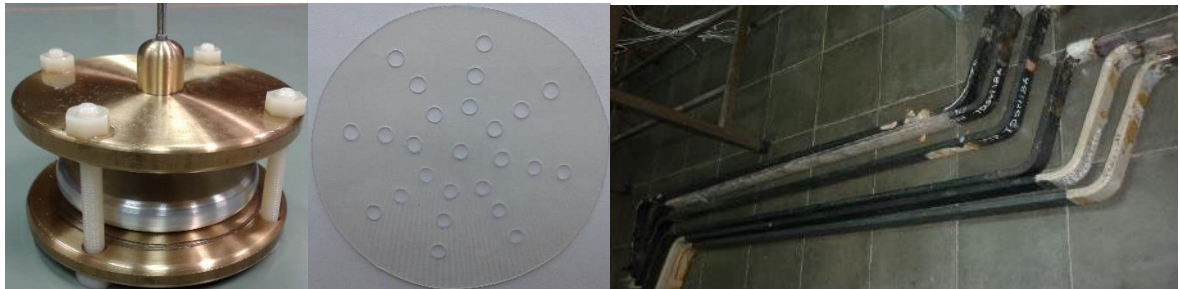


Figura 4. Objetos de prueba para la validación del índice K . Sistema de electrodo plano-plano para y muestras dieléctricas con inclusiones gaseosas para simular la degradación del dieléctrico (izquierda). Barras estáticas las cuales fueron sometidas a diferentes programas de envejecimiento.

El primer tipo de objetos de prueba consistió en un conjunto de cuatro muestras con un número variable de inclusiones gaseosas cada una, que se construyeron para producir fuentes de descargas internas de forma controlada. Cada muestra es una pila de tres capas de policarbonato, de 1 mm de espesor de forma circular, donde a la capa del medio se le perforaron 9, 17, 25 y 33 orificios de 4.5 mm de diámetro. El área de contacto entre los electrodos y las muestras fue de 95 mm. El electrodo tal como se muestra en la Figura 4 se sumergió en aceite para evitar descargas superficiales y descarga disruptiva. El segundo tipo de objetos de prueba fueron 7 barras estáticas de un generador de 13.8kV, las cuales fueron sometidas a diferentes programas de envejecimiento acelerado. Se incluyó envejecimiento

eléctrico, térmico, por ciclado térmico y la combinación de ellos.

- Caracterizar la actividad de descargas parciales en cavidades por medio del índice K y de los parámetros de los patrones en fase resuelta.

En cada uno de los objetos de prueba se calculó el índice K como se muestra en (2).

$$\text{index } K = \frac{\Delta \tan \delta}{\Delta C} \quad (2)$$

En la práctica, numerosos pulsos de descargas parciales aparecen en un objeto de prueba con inclusiones gaseosas, todos ellos contribuyendo a los valores de $\Delta \tan \delta$ y ΔC . Por lo tanto, se podría suponer que los valores de $\Delta \tan \delta$ y ΔC cuantifican aproximadamente la contribución general de todos los pulsos a los valores de capacitancia y factor de disipación. Tomando la relación entre $\Delta \tan \delta$ y ΔC (índice K), se estimó entonces si la cantidad total de pulsos de descargas parciales contribuyó en mayor medida a la capacitancia o al factor de disipación. Una interpretación matemática de (2) sugiere que los valores de índice $K < 1$ indican que un mayor número de pulsos se producen hacia el cruce por cero del voltaje de prueba lo que contribuye en mayor medida a la capacitancia, mientras que los valores del índice $K > 1$ sugieren que la mayoría de los pulsos se producen hacia el pico de tensión de prueba lo que contribuye más al factor de disipación.

Simultáneamente se realizaron mediciones de descargas parciales. De los patrones de fase resuelta obtenidos se calculó el ángulo de fase promedio para cada semiciclo del patrón, tal como se muestra en la Figura 5 para el caso particular de la muestra dieléctrica con 33 inclusiones gaseosas. El ángulo de fase promedio de los patrones de fase resuelta permitió corroborar las variaciones del índice K .

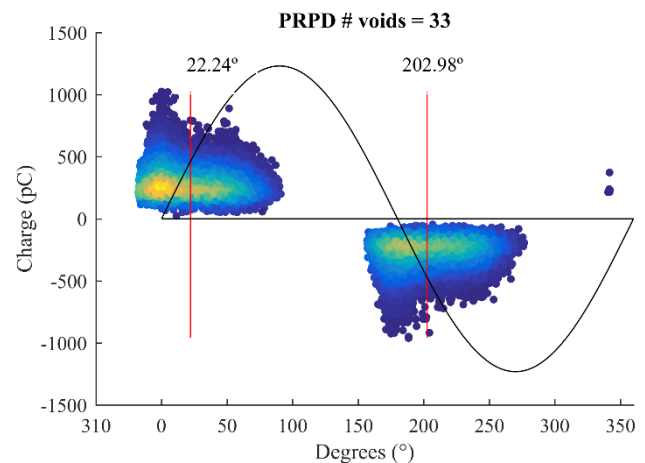


Figura 5. Ángulo de fase promedio calculado para una muestra dieléctrica con 33 inclusiones gaseosas.

- Investigar la correlación entre el índice K y la actividad de descargas parciales para diferentes niveles de degradación configurados por medio del sistema de electrodos.

El cumplimiento de este objetivo llevó a los principales resultados de este proyecto. Como se muestra en la Figura 6, el comportamiento de los valores de $\Delta \tan \delta$, ΔC , ángulo de fase promedio e índice K fueron consistentes con el análisis teórico propuesto.

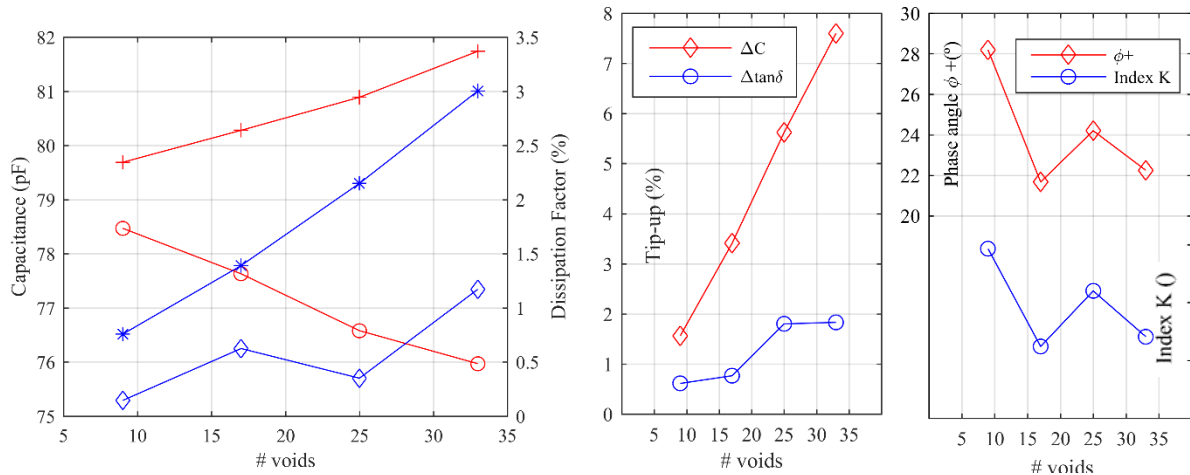


Figura 6. Ejemplo de los principales resultados de medición en las muestras dieléctricas con cavidades gaseosas para simular la degradación del dieléctrico.

Etapas 3. Resultados

Los detalles de los métodos experimentales y los resultados finales tras la culminación de este proyecto se presentan en el artículo de investigación (adjunto a este informe) "Effect of Aging on the Relative Contribution of Partial Discharge to Capacitance and Dissipation Factor Tip-ups". Las principales conclusiones del proyecto se listan a continuación:

- Basado en el análisis de la dependencia de la capacitancia y del factor de disipación del ángulo de fase de los pulsos de descarga parcial, se introdujo el índice K , que contribuyó a expandir la interpretación actual de los valores tip-up $\Delta \tan \delta$ and ΔC .
- El programa de envejecimiento aplicado a las barras estatóricas y el número creciente de inclusiones gaseosas perforadas en las muestras dieléctricas lograron reproducir diferentes escenarios de degradación de un sistema de aislamiento.
- Con el incremento de la degradación, el índice K mostró una reducción sugiriendo que los patrones de fase resuelta tendieron a desplazarse hacia el cruce por cero del voltaje de prueba aplicado.
- Simultáneamente con la reducción en el índice K se comprobó la reducción del ángulo de fase promedio de los patrones de fase resuelta.
- La validación del anterior comportamiento permitió proponer el índice K como herramienta de diagnóstico, la cual posibilita inferir información de la actividad de descargas parciales en muestras dieléctricas y en el sistema de aislamiento de barras estatóricas producto de la degradación sin recurrir a una medición directa de descargas parciales.

Etapas 4. Recomendaciones y Trabajos Futuros

Con el propósito de dar continuidad a la investigación aquí presentada, el grupo Convergencia ha previsto la necesidad de validar el índice K con datos de mediciones en máquinas en operación real tal que se evalúen sus posibles limitaciones como herramienta de diagnóstico en campo. Ello implica un cambio de enfoque hacia un análisis estadístico puesto que en campo, existen otras fuentes de descargas parciales diferentes a las internas que pueden incrementar la dispersión de los resultados y que no fueron tenidas en cuenta en esta investigación.

4. Impacto actual o potencial

Este proyecto se adscribe a la línea de investigación en diagnóstico de máquinas rotativas, contribuyendo directamente en la línea de diagnóstico de sistemas de aislamiento dieléctrico, lo cual es relevante para la operación confiable de los sistemas eléctricos de potencia.

La investigación en diagnóstico de sistemas de aislamiento tiene como propósito producir técnicas y/o herramientas que permitan detectar y cuantificar el envejecimiento natural o acelerado de los equipos de potencia para anticipar fallos y planificar mantenimientos, extendiendo al máximo la vida útil de los mismos.

En este marco de trabajo, este proyecto evaluó de forma experimental la habilidad del índice K para estimar la degradación del aislamiento principal de bobinas estatóricas de un generador de 13.8kV. La investigación que llevó a este índice impacta significativamente en el contexto de las limitaciones técnicas y económicas en Colombia puesto que en el transcurso de la misma fue necesario incursionar en el marco teórico y práctico de la técnica de descargas parciales. Actualmente, el diagnóstico de equipos de alta tensión por medio de mediciones de descargas parciales es una línea de investigación consolidada a nivel mundial. Si se hace una consulta en la base de datos IEEE Xplore, el término de búsqueda “partial discharges” arroja 858 resultados de artículos científicos publicados tan solo entre el 2015 y 2016. Sin embargo, la investigación en Colombia en esta línea es prácticamente inexistente a pesar de su utilidad e importancia.

Solo cuatro universidades colombianas han realizado cierto grado de investigación en descargas parciales con divulgación de resultados; la Universidad Pontificia Bolivariana [10], la Universidad Nacional [11], la Universidad de Pamplona [12] y la Universidad del Valle, siendo la Universidad del Valle la única que ha llevado su investigación a nivel doctoral, con una tesis culminada en 2015 y una a concluir en el 2016.

No solo la falta de investigación sino también los elevados costos asociados a los equipos de medición han limitado significativamente la aplicación generalizada de la medición de descargas parciales como herramienta de diagnóstico. El índice K por su parte constituye un aporte importante en la mitigación de dichas limitaciones económicas. El índice propone realizar una medición indirecta de las descargas parciales a través de los valores “tip-up” de la capacitancia (ΔC) y del factor de disipación ($\Delta \tan \delta$) y relacionarlos con la degradación del aislamiento. Esto significa que bajo ciertos escenarios, el índice K permite extraer información sobre la degradación del aislamiento sin recurrir a una medición directa de descargas parciales (con los costos asociados) y en cambio utilizando equipos de medición fácilmente encontrados en la industria nacional.

A la fecha, los resultados se han validado en objetos simples y en barras individuales de generadores de alta tensión en condiciones de laboratorio. El objetivo siguiente es direccionar la investigación hacia la validación con datos de máquinas en operación real. Así, esta investigación contribuirá directamente a potencializar el uso de los instrumentos de medición, aportando a su vez una herramienta de diagnóstico ajustada a las condiciones técnicas y económicas del país.

Cabe destacar que las mediciones de los valores tip-up ΔC y $\Delta \tan \delta$ han sido ampliamente utilizados durante décadas como indicadores indirectos de las descargas parciales. No obstante, este proyecto concluyó que las descargas parciales afectan distintamente a cada uno de estos parámetros, pudiéndose utilizar este hecho para estudiar la degradación del aislamiento, lo cual no ha sido reportado en la literatura previamente.

Adicionalmente, las relaciones del grupo Convergia con universidades internacionales han sido

fundamentales para consolidar la línea de investigación y para la formación de personal. En el transcurso de este proyecto (a partir de febrero de 2016) los integrantes del grupo Convergía, Fabio Andrés Muñoz y Luis Carlos Castro, estuvieron desarrollando pasantías de investigación en Delft University of Technology en Holanda lo que permitió no solo realizar parte de las mediciones de laboratorio necesarias en este proyecto sino también adquirir formación teórico-práctica en la medición de descargas parciales, capacitancia y factor de disipación en máquinas rotativas.

Fruto de estas relaciones, se produjeron los siguientes artículos relacionados los cuales fueron sometidos a evaluación.

- A Partial Discharge Test Platform for Educational Purposes
- Estimation of Charge, Energy and Polarity of Noisy Partial Discharge Pulses
- Effect of Acquisition Parameters on Equivalent Time and Equivalent Bandwidth Algorithms for Partial Discharge Clustering.
- New Clustering Techniques based on Current Peak Value, Charge and Energy Calculations for Separation of Partial Discharge Sources

Finalmente, con experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto el grupo Convergía ha visualizado continuar la investigación enfocada a los siguientes desarrollos:

- Desarrollo de un sistema de adquisición y medición de descargas parciales. En esta línea, ya existe un primer prototipo de medición que se desarrolló por medio de la tesis de maestría del integrante del grupo Jaime Vanegas Iriarte (tesis sustentada en octubre 6 de 2016).
- Desarrollo de un sistema de medición de capacitancia y factor de disipación mediante técnicas de osciloscopio. En el transcurso del proyecto se implementó un primer circuito de medición provisional para la medición de estos parámetros. Los resultados preliminares indicaron que es factible la aplicación de técnicas de osciloscopio para la medición de las señales necesarias de voltaje y corriente. El principal impacto de este desarrollo futuro es que proporcionaría un sistema de medición funcional en condiciones de laboratorio de muy bajo costo comparado con los sistemas comerciales actuales, lo que sin duda impulsaría la investigación en las Universidades nacionales.

5. Productos

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
		1				1		
Libros de autor que publiquen resultados de investigación								
Capítulos en libros que publican resultados de investigación								
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados								
• Prototipos y patentes								
• Software								
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial								
Normas basadas en resultados de investigación								
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes Vinculados		No. De tesis	
Estudiantes de pregrado	1		0		1		1	
Semillero de Investigación								
Estudiantes de maestría								
Estudiantes de doctorado								

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Joven investigador				
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales s	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	

Tabla No. 2. Detalle de productos

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a este formato encontrará el instructivo para instructivo para la revisión de informes finales y productos

Tipo de producto:	Artículo (anexo 1)
Nombre General:	Revista <i>IET Science, Measurements & Technology</i> . Artículo sometido para evaluación
Nombre Particular:	Effect of Aging on the Relative Contribution of Partial Discharge to Capacitance and Dissipation Factor Tip-ups (versión sometida a evaluación) Contribution of Partial Discharges on Capacitance and Dissipation Factor of Stator Insulation (versión extendida para divulgación interna)
Ciudad y fechas:	Cali, diciembre de 2016
Participantes:	Jose Luis Oslinger, Luis Carlos Castro, Armando Rodrigo Mor, Nathaniel Taylor.
Sitio de información:	De ser aceptado el artículo, éste estaría disponible en la base de datos de IET
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Convergía

Tipo de producto:	Formación de recurso humano (anexo 2)
Nombre General:	Estudiante Juan Carlos Serna
Nombre Particular:	Tesis de pregrado: Estudio de la relación mediante el índice K, entre descargas parciales y capacitancia medidas en objetos de laboratorio con cavidades gaseosas
Ciudad y fechas:	Cali, Septiembre de 2015
Participantes:	Juan Carlos Serna (dirigido), Jose Luis Oslinger (director), Luis Carlos Castro (codirector)
Sitio de información:	Una vez se culmine el proyecto de grado, el documento estará disponible en la Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Convergía, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Tipo de producto:	Productos de Divulgación (anexo 3)
Nombre General:	Conferencia Ensayos Eléctricos en Alta Tensión – Conmemoración 30 años del Laboratorio de Alta Tensión
Nombre Particular:	Ponencia: Descargas parciales: aspectos teóricos y prácticos de medición
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2016
Participantes:	Luis Carlos Castro – Fabio Muñoz Muñoz
Sitio de información:	Memorias de la conferencia
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Convergía, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Tipo de producto:	Productos de Divulgación en eventos de orden institucional (anexo 4)
Nombre General:	9° Simposio de Investigaciones – Semana de Ingeniería
Nombre Particular:	Ponencia: Contribution of Partial Discharges on Capacitance and Dissipation Factor of Stator Insulation
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2016
Participantes:	Luis Carlos Castro
Sitio de información:	Memorias de la conferencia
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Convergía

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación – convocatoria externa (anexo 5)
Nombre General:	Prepuesta de investigación presentada a la Fundación del Banco de la Republica
Nombre Particular:	Propuesta: Diseño y Construcción de una Estación de Trabajo para la Generación y Medición Eléctrica No Convencional de Señales de Descargas Parciales
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2016
Participantes:	Prof. Jairo Palacios, Luis Carlos Castro, Fabio Muñoz Muñoz
Sitio de información:	SICOP
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Convergía

6. Referencias Bibliográficas

- [1] M. Farahani, H. Borsi, and E. Gockenbach, "Study of Capacitance and Dissipation Factor Tip-Up to Evaluate the Condition of Insulating Systems for High Voltage Rotating Machines," *Electr. Eng.*, vol. 89, no. 4, pp. 263–270, Mar. 2006.
- [2] "IEEE Recommended Practice for Measurement of Power Factor Tip-Up of Electric Machinery Stator Coil Insulation," *IEEE Std 286-2000*, pp. i–29, 2001.
- [3] G. C. Stone, E. A. Boulter, I. Culbert, and H. Dhirani, *Electrical Insulation for Rotating Machines*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [4] N. E. Frost, D. Hughes, D. Laury, and G. H. Miller, "A Review of Vacuum Pressure Impregnation Procedures for Form Wound Stators," *Proc. Electr. Insul. Conf. Electr. Manuf. Coil Wind. Technol. Conf. (Cat. No.03CH37480)*, pp. 641–644, 2003.
- [5] M. Istad, M. Runde, and A. Nysveen, "A Review of Results From Thermal Cycling Tests of Hydrogenerator Stator Windings," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 26, no. 3, pp. 890–903, Sep. 2011.
- [6] F. T. Emery, "Basics of Power Factor Measurements on High Voltage Stator Bars & Stator," pp. 40–45, 2002.
- [7] T. W. Dakin, "The Relation of Capacitance Increase with High Voltages to Internal Electric Discharges and Discharging Void Volume," *Trans. Am. Inst. Electr. Eng. Part III Power Appar. Syst.*, vol. 78, no. 3, pp. 790–794, Apr. 1959.
- [8] N. Taylor, "Dielectric Response and Partial Discharge Measurements on Stator Insulation at Varied Low Frequency," Kungl Tekniska Högskolan, 2010.
- [9] S. Kornhuber, S. Markalous, M. Muhr, T. Strehl, and C. Sumereder, "Comparison of Methods for the Dissipation Factor Measurement at Practical Examples," *Proc. 16th Int. Symp. High Volt. Eng.*, pp. 1–5, 2009.
- [10] A. E. Diez, J. A. Bohorquez, I. A. Isaac, G. J. Lopez, H. A. Cardona, and E. Diez, "System for controlled aging of electrical windings, to perform an improved Voltage Endurance Test," in 2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition - Latin America (PES T&D-LA), 2014, pp. 1–5.
- [11] A. Y. Caranton, "Evaluación de vida útil residual de aislamiento compuesto de mica y resina con en pruebas de envejecimiento acelerado.," Universidad Nacional de Colombia., 2012.
- [12] E. G. Quintero, "Estudio del deterioro de materiales aislantes secos mediante técnicas de alta tensión (descargas parciales)," *Ing. y Desarro.*, vol. 27, 2010.

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones