

Aplicación de recubrimiento de Hule Dieléctrico de Silicón en subestaciones de alta y media tensión en zonas con severa contaminación para eliminar el lavado en caliente basado en criterios CRD.

Julio César Pombo Acevedo & Carlos Eduardo Julio Arteaga
TRANSELCA S.A E. S. P. Carrera 24 # 1A -24 Piso 18 Edificio BC Empresarial
PBX (095) 3717200 Ext. 52357 & 52687
Email: cjulio@transelca.com.co & jpombo@transelca.com.co
Puerto Colombia - Colombia

Resumen

Este documento se encuentra estructurado con base en el caso de estudio y el planteamiento del problema, se analizan las condiciones de riesgo, el costo y el desempeño, así como la recuperación de la inversión por la nueva tecnología. Para culminar, se expone la experiencia y metodología de aplicación de la goma de hule de silicón en las subestaciones seleccionadas y los resultados obtenidos hasta la fecha.

Introducción

Los aisladores eléctricos utilizados en subestaciones AIS se encuentran expuestos a agentes contaminantes, como el polvo, sustancias químicas, emisiones vehiculares, sales minerales, entre otras, las cuales se acumulan sobre su superficie. Mientras que ésta se mantenga seca, el efecto de la suciedad sobre el desempeño del aislador es insignificante [1]. La presencia de humedad en el ambiente, como la neblina o lluvia ligera, crean condiciones que producen una solución conductora sobre la superficie del aislador sucio, provocando una disminución de la propiedad dieléctrica de éste y aumentando la probabilidad de falla debido a la contaminación [2].

Debido a que la contaminación es uno de los mayores problemas para la confiabilidad de un sistema de potencia, siendo una de las causas

más comunes de falla, varios estudios se han enfocado principalmente en investigar formas de prevenir los flameos provocados por la contaminación, que se deposita en la superficie de los aisladores [3]. Por ejemplo, los estudios más destacados en esta área son los que establecen que el mejor método de lavado de aisladores desde el punto de vista técnico y económico, es el lavado con agua a presión.

Sin embargo, no se han realizado investigaciones que estudien la contaminación que se presenta en los aisladores, a fin de poder identificar los momentos adecuados de lavado y así no incurrir en sobrecostos por lavados excesivos, los riesgos que implica la actividad para los ejecutores y el impacto al ambiente por el uso del agua pura para su ejecución. Es por esto que TRANSELCA, empresa eléctrica de la Costa Norte Colombiana, se dio a la tarea de buscar alternativas que reduzcan o eliminen las salidas de los activos por contaminación y por ende los lavados de los activos.

En la revisión del estado del arte encontramos que el cambio de los aisladores de porcelana o vidrio o la aplicación de hule de silicón sobre la superficie de los aisladores es una técnica muy utilizada y económicamente fácil de sustentar, ya que los costos son equiparables con los aisladores convencionales existentes, sin embargo, cuando se trata de subestaciones en servicio, el cambio de los equipos por tecnología polimérica, los criterios y costos se

vuelven preponderantes por lo que se requiere realizar análisis de casos de negocio para cada condición.

1. Antecedentes

La porcelana mantiene las condiciones dieléctricas constantes por eso es ideal en aplicaciones eléctricas. En general, un aislador es un elemento cuyo material mantiene el potencial eléctrico lejos de la tierra para permitir el paso de la corriente.

En zonas costeras se presenta contaminación marina y polución que conllevan a descargas eléctricas sino es removida. La neblina, el rocío o la lluvia liviana junto con contaminantes en el aire crean condiciones que producen una película conductora sobre la superficie del aislador sucio, ver figura 2.

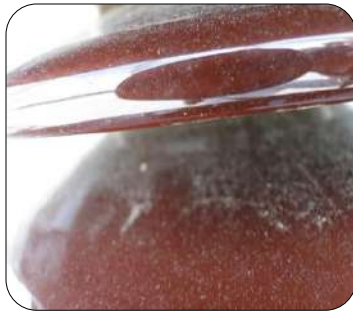


Fig 1. Contaminación de aislador de porcelana por condiciones atmosféricas

La disminución de la capacidad dieléctrica de los aisladores provoca fallas en el sistema de transporte de energía: “Flashover” (Ver figura 2).



Fig 2. Contaminación de aislador de porcelana por condiciones atmosféricas

1.1 Lavado de equipos de potencia

Teniendo en cuenta la contaminación severa en las subestaciones que se encuentran en zonas costeras, se hace necesario aplicar una metodología para la limpieza del aislamiento de los equipos. Desde hace más de 35 años, TRANSELCA ejecuta actividades de lavado de aislamiento externo de los equipos de las subestaciones (Ver figura 3), los lavados se realizan bajo la técnica: en frío (apertura de equipos) y con tensión a distancia (en caliente).



Fig 3. Lavado de aislamiento equipos de patio

1.1.1 Ventajas y desventajas de lavado

Ventajas:

- No es necesario desenergizar.
- Bajo impacto en la atención de la demanda.
- Numero de ejecutores optimizado (bajo).
- Permite lavar otros componentes a baja presión y retirar contaminación.
- Solo utiliza agua para el lavado.

Desventajas:

- Riesgos de disparo que afectan el sistema.
- Riesgo de explosión de equipos.
- Riesgo elevado de muerte a las personas.
- Impacto ambiental por uso del agua.
- Uso de combustibles fósiles para motobomba.

1.2 Eventos sobre el sistema de potencia

Teniendo en cuenta los riesgos propios de la actividad de lavado de equipos de patio, que de una u otra manera ponen en riesgo la seguridad de las personas, equipos y el sistema eléctrico de potencia, a continuación, se relaciona un caso puntual de evento sobre el sistema durante las rutinas de lavado en caliente.

Evento: El 24 de diciembre de 2013 durante actividades de Lavado en Caliente de la subestación Termoguajira, propiedad de TRANSELCA se presentó explosión del polo de la fase B de un Interruptor de potencia (Ver figura 4), poniendo en riesgo la vida de los ejecutores (lavadores) y el personal que realizaba la supervisión de los trabajos. De igual manera se presentó impacto en el sistema eléctrico de potencia debido al disparo de los activos asociados.



Fig 4. Explosión polo de interruptor

Por la magnitud del evento y como parte del mejoramiento continuo se llevó a cabo un estudio de Causa Raíz para determinar los motivos del evento presentado.

Este estudio arrojó entre sus recomendaciones revisar el estado del arte en cuanto a las metodologías existentes en el mercado para eliminar la contaminación en el aislamiento de los equipos de potencia de las subestaciones.

2. Estado del Arte

2.1 Engomado de aislamiento externo

Durante la revisión se evidenció la técnica de Engomado de aislamiento de equipos y aisladores de líneas con goma silicónica RTV. El RTV es un acrónimo de "Room Temperature Vulcanizing" (temperatura de vulcanización) de silicio, lo que significa que se seca a temperatura ambiente. Es un polímero, similar al epoxi, que está hecho de material de caucho de base más un curativo que se activa por exposición al aire.

La principal ventaja de los revestimientos de RTV en porcelana o vidrio es que combinan las propiedades mecánicas de aislantes inorgánicas con la excelente capacidad de hidrofobicidad del caucho de silicona.

La aplicación de recubrimiento RTV es claramente más caro que la opción de utilizar aisladores compuestos sin embargo en el caso de los equipos existentes ya en servicio, no es muy alta cuando se ve contra el gasto de reemplazar todos los equipos.

3. Recubrimiento siliconado para aisladores

La silicona es un compuesto que se caracteriza por ser altamente hidrofóbico, por esta razón, los contaminantes presentes en aisladores no son capaces de formar soluciones conductoras en ausencia de agua. Lo anterior debido al bajo peso molecular de la silicona. Como resultado, esto limita las corrientes de escape donde se originan cortocircuitos en los aisladores.

La silicona RTV (Room Temperature Vulcanization) es capaz de solidificarse a temperatura ambiente. De esta manera, los productos a base de silicona RTV primaria permiten realizar recubrimientos por atomización en aisladores de porcelana y/o vidrio. La principal ventaja de los

revestimientos de RTV en porcelana o vidrio es que combinan las propiedades mecánicas de aislantes inorgánicas con la excelente capacidad hidrofóbica del caucho de silicona.

La figura 5 muestra la forma como, luego de ser recubierto, el aislador es capaz de evitar el contacto del agua y los contaminantes.

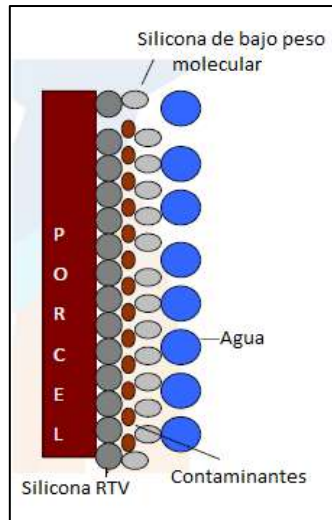


Figura 5. Funcionamiento de goma RTV

La tabla 1, describe algunas características del aislador una vez se le aplica la técnica de recubrimiento.

Tabla 1. Espesor de goma silicónica sobre aislamiento externo

Parámetros técnicos del proceso de aplicación		
1. Espesor	µm	>= 380
2. Hidrofobicidad	HC	1

1. Engomado de aisladores en subestaciones de Transelca

TRANSELCA teniendo en cuenta la experiencia en lo relacionado con la contaminación y basado en el desempeño evidenciado en algunas de sus líneas de transmisión evidenció de acuerdo a los históricos, que las subestaciones Nueva Barranquilla y Termoguajira eran sometidas a frecuentes actividades de lavado en caliente, como medida de control para mitigar el efecto

de la contaminación sobre el aislamiento de los equipos. En promedio, durante un año con condiciones climáticas típicas, las subestaciones Nueva Barranquilla y Termoguajira se sometían a 14 lavados cada una respectivamente. Este promedio se aumenta significativamente en años con presencia de sequías prolongadas (fenómeno del niño), al requerir en promedio un (1) lavado adicional cada 15 días durante la época de sequía.



Figura 6. Aplicación de producto para recubrimiento

4. Análisis de estado de subestaciones

Para el proceso se utilizó y evidenció de los históricos que las subestaciones de TRANSELCA más cercanas a las zonas costeras e industrias son sometidas a frecuentes actividades de lavado en caliente, como medida de control para mitigar el efecto de la contaminación sobre el aislamiento de los equipos. Teniendo en cuenta esto, la aplicación de la goma silicónica se realizó sobre aislamiento externo de los equipos de las subestaciones Termoguajira y Nueva Barranquilla.

5. Metodología del engomado

Para el proceso se especificó ejecutar de acuerdo a lo establecido en la Guía Estándar IEEE STD 1523-2002 (REVISION 2008) [4], la cual define los mecanismos para la aplicación, preparación del material y de la superficie, metodologías y control de aplicación, control de

calidad después de la aplicación y finalmente el recubrimiento. De acuerdo a esto se especificó la aplicación de la goma con equipo desenergizado, la goma a aplicar es la MIDSUN 570 HVIC del fabricante MIDSUN ®. El tipo de aplicación seleccionado y que ejecutará el contratista es mediante pistolas air-less y andamios en cercanía al equipo.

TABLA 2.

Actividad	Descripción
Señalización del área de trabajo	Realizar la señalización correspondiente para la ejecución de la tarea.
Alistamiento de equipos, herramientas y materiales de trabajo.	Verificación de herramientas, equipos de aplicación del producto y materiales a utilizar.
Verificación de EPP's	Verificar el estado o condiciones de los EPP's requeridos para la ejecución de la tarea.
Trabajo en alturas	Realizar la verificación de los equipos necesarios para realizar el trabajo en alturas de acuerdo con el Procedimiento para Trabajo Seguro en Alturas.
Aislamiento eléctrico	Verificación de ausencia de tensión.
Preparación de equipos a intervenir.	- Limpieza de equipos. - Empapelado o aislamiento de las piezas de los equipos que no deben ser recubiertos con el producto.
Aplicación de recubrimiento Midsun 570™ HVIC.	- Aplicación de primera mano de recubrimiento siliconado MIDSUN 570™ HVIC . -Esperar tiempo de secado y verificación de la aplicación. - Aplicación de segunda mano de recubrimiento siliconado MIDSUN 570™ HVIC . - Repetir el proceso hasta alcanzar la homogeneidad y espesor necesarios por normativa - Verificación de calidad de la aplicación.

La tabla 2 describe las actividades ejecutadas durante la aplicación del hule de silicón en las subestaciones de TRANSELCA.

De acuerdo a las mediciones el espeso promedio de todos los elementos es de 0.53 mm, cumpliendo con lo establecido en la norma. La figura 7 resume los espesores registrados en los equipos intervenidos.

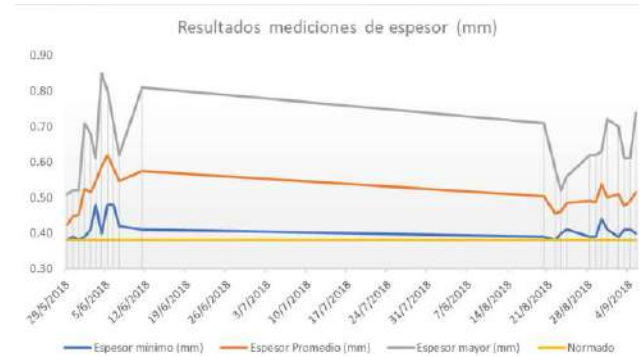


Figura 7. Espesor de aislamiento en equipos intervenidos.

También se realizaron pruebas de hidrofobicidad para comprobar la efectividad del producto aplicado. Estas pruebas se realizaron por observación y fueron aprobadas en la totalidad de los equipos.

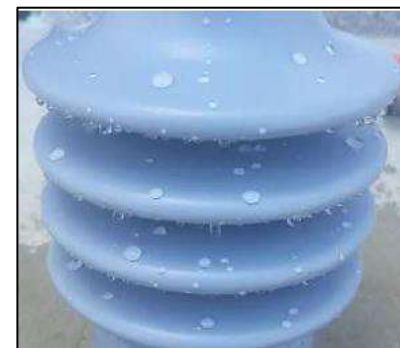


Figura 8.

La medición del espesor de capa seca se realizó con un medidor marca Olympus modelo 45 MG. Se verificó que el espesor no fuese menor a 0.38mm.



Figura 9. Medición de espesor de capa seca



Figura 10. Aplicación de engomado a seccionador.

2. Conclusiones y recomendaciones

- Con la aplicación de goma silicónica en aislamiento externo de los equipos, se disminuye los costos de mantenimiento constante a los aisladores. Teniendo en cuenta que las actividades de lavado en caliente de equipo no serían requeridas, debido a la protección de la goma.
- Se garantiza la estabilidad del sistema eléctrico de potencia, aumentando la fiabilidad del suministro eléctrico.
- Se aumenta la vida útil del material y/o equipo recubierto, en una disminución de los costos de reemplazo de componentes y de recurso para su mantenimiento. Lo cual se ve reflejada con la recuperación de la inversión.
- Se elimina las actividades de lavado de equipos de patio con tensión, actividad que

colocaba en riesgo a las personas, a los equipos y el sistema.

- Se recomienda cada tres (3) años durante las actividades de mantenimiento rutinario a los activos de la subestación, hacer limpieza con trapo y eliminar los rastros de contaminación en el aislamiento de los equipos.

3. Referencias bibliográficas.

- [1] G. Aisladores, “Guía para la limpieza de aisladores según Norma IEEE STD 957-1995 PARTE 2,” no. 67, 1995.
- [2] J. Zhou, B. Gao, Q. Wang, and Q. Zhang, “Leakage Current Pattern for Diagnosing the Contaminated Degree of Ceramic Insulators under Different Humidity,” *2009 Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf.*, pp. 1–4, Mar. 2009.
- [3] J. Li, W. Sima, C. Sun, and S. Sebo, “Use of leakage currents of insulators to determine the stage characteristics of the flashover process and contamination level prediction,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 17, no. 2, pp. 490–501, Apr. 2010.
- [4] “Guía para la aplicación, mantenimiento y evaluación de recubrimiento de goma silicónica vulcanizada (RTV) para aisladores de cerámica tipo exterior según norma IEEE 1523-2002.

Julio César Pombo Acevedo

Ingeniero Electricista, Especialista en Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica, en Finanzas y Magíster en Administración de Empresas (MBA)

Universidad del Norte, Barranquilla – Colombia.

Cargo actual: Coordinador Sénior de Mantenimiento.

Departamento de Gestión del Mantenimiento.
TRANSELCA S.A. E.S.P.

Carlos Eduardo Julio Arteaga

Ingeniero Electricista

Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena
– Colombia.

Cargo actual: Analista Junior de
Mantenimiento.

Departamento de Gestión del Mantenimiento.

TRANSELCA S.A. E.S.P.