

Implementación de Equipos de Silicona de Gel en Redes Subterráneas

J. Hidalgo

Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene la finalidad de dar a conocer la problemática que tenía la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, EP en la red subterránea de baja tensión de la ciudadela Puerto Azul, cercana al Estero Salado y ubicada en el Km 10 ½ vía a la costa, con una población mayor a las 1.500 familias. Adicionalmente, se presentarán las causas y daños más comunes en dichas redes y a su vez la implementación de los equipos de nueva tecnología que usan una silicona de gel sellante que impide el ingreso del agua, oxígeno y contaminantes lo que ha dado como resultado la eliminación de fluctuaciones de voltaje, corrosiones en las conexiones, cortes de energía y envío de unidades de reparación, lo que ha dado como resultado mejoras en la calidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica.

Finalmente, se citarán recomendaciones para evitar que se den conexiones inapropiadas en los circuitos subterráneos de baja tensión de la ciudad de Guayaquil.

2. DESARROLLO

Las redes subterráneas de baja tensión de la ciudadela Puerto Azul fueron construidas particularmente hace más de 25 años en las que se utilizaron conductores forrados sean de cobre o aluminio para sus líneas de corriente, caso contrario para el neutro del circuito que se instaló un conductor de cobre desnudo. Por lo que se refiere al tipo de acometidas utilizadas tanto por personal de la empresa eléctrica distribuidora como de los usuarios variaba, ya que las usadas e instaladas por la empresa eran conductores de aluminio tipo triplex (2 conductores forrados para las fases de corriente y un conductor desnudo para el neutro); y por otro lado, las acometidas que los clientes instalaban por su iniciativa en sus ducterías eran conformadas por conductores de cobre forrado para que la empresa eléctrica realice las conexiones en la red subterránea y suministre el nuevo servicio de energía eléctrica al abonado. Cabe recalcar que cuando se presentaban estos en particular la empresa eléctrica verificaba que no existieran conexiones directas o bypass antes de dar el suministro definitivo de energía. El procedimiento que implementaba el personal propio y contratista

de la empresa eléctrica distribuidora era realizar las conexiones de dichas acometidas a la red principal con grilletes de perno partido de distinta aleación ó con conectores de compresión de aluminio para luego proceder con la aplicación de cinta autofundente y cinta de vinilo (vinyl) para aislar y proteger dicha conexión o empalme contra el agua.

Por lo expuesto, hace 10 años se presentaron daños en dichas redes dada la subida cíclica de la marea y los altos niveles freáticos y salados que ocasionaron la filtración de las aguas en las cajas de registros de toda la red subterránea, situación que provocó la corrosión galvánica de las conexiones de las líneas de corriente y de los neutros de las acometidas. En muchos casos la corrosión era tan severa que se encontraron los neutros deteriorados y sulfatados (algunos hilos arrancados) debido al tipo de conexión en las que se utilizaron conectores de compresión y grilletes para unir dos metales diferentes o similares en medio de un entorno agresivo de agua salina. Ahora bien, la corrosión galvánica o electrolítica se produce cuando dos metales están en contacto a través de un líquido y su grado de corrosión depende fundamentalmente de la diferencia de potencial eléctrico existente entre los dos metales en contacto. Cuanto más bajo (negativo) sea el potencial de un metal, más fácilmente resultará corroído; del mismo modo cuando mayor sea la diferencia de potencial entre los dos metales en contacto, tanto mayor será la corrosión galvánica producida entre ambos, siempre en perjuicio del de menor potencial [4].

Debido a este efecto se encontraron los siguientes daños:

- Grilletes de perno partido y Conectores de compresión quemados y oxidados, deteriorándose sus propiedades eléctricas y en ciertos casos la pérdida de su masa (destrucción del conector de compresión).
- Grilletes de pernos partidos flojos y corroídos.
- Fluctuaciones de voltaje e interrupciones del suministro de energía.
- Averías de artefactos eléctricos.
- Barras a tierras corroídas y rotas.
- Conectores de puesta a tierra rotos y oxidados.

- Corrosión de empalmes hechos a mano (entorchados) de los neutros de las acometidas en las barras a tierras.
- Acometidas de baja tensión dañadas por cortes en sus aislamientos.
- Severa corrosión y sulfatación en los empalmes de conexión de los neutros de las acometidas triplex en las cajas de registros.

Es importante destacar que las varillas de puesta a tierra que se encontraron corroídas y rotas fue porque al ser instaladas no se tomó la precaución de evitar una laceración en algún punto de su baño de cobre ya que al ocurrir esto queda el acero de la varilla al descubierto en un entorno húmedo y salino produciéndose la oxidación de la misma y por ende la ruptura en dicho punto.



Figura 1: Conexiones de acometidas de baja tensión corroídas y quemadas en las que se utilizaron conectores de compresión y cintas autofundentes y cintas de vinyl



Figura 2: Conexiones de acometidas de baja tensión quemadas en las que se utilizaron conectores de compresión y cintas autofundentes y cintas de vinyl



Figura 3: Grilletes corroídos usados en conexiones de acometidas de baja tensión en redes subterráneas



Figura 4: Varilla de puesta a tierra corroída y rota en su longitud por el efecto de corrosión galvánica

Por los daños expuestos la empresa eléctrica distribuidora recibió varios reclamos de sus abonados por artefactos eléctricos quemados y averiados, asimismo, atendió varias quejas por los cortes de energía en la red de baja tensión lo que generó gastos operativos dado el envío constante de unidades del Departamento de Distribución para constatar, reportar y reparar los daños. No obstante, al registrar continuos perjuicios y quejas en dichas redes subterráneas se procedió a investigar la implementación de equipos que pudieran ser instalados en condiciones extremas de inundación y que al realizar conexiones bimetálicas (cobre-aluminio) no se produzca la corrosión galvánica.

Como resultado de la investigación se adquirieron unos equipos que usan una Gel Siliconada sellante (*Powergel*) que impide el ingreso del agua, oxígeno y contaminantes, la misma que combina las ventajas de los materiales aislantes sólidos y líquidos.

Esto quiere decir que esta gel tiene una memoria elástica y se adapta a las superficies. También posee excelentes propiedades dieléctricas y de duración, adherencia única y estabilidad térmica a largo plazo. Estos equipos se conocen como barrajes aislados de distribución (*Gelport*), envolturas plásticas rellenas con gel y conectores UDC (*Universal Distribution Connectors*). Cabe destacar que al usar este tipo de equipos es necesario que todos los conductores del circuito subterráneo de baja tensión sean forrados para lograr una hermeticidad en todas las conexiones y así evitar que el agua se filtre por los intersticios del cable desnudo y con el tiempo se dañen los equipos antes descritos.



Figura 5: Implementación de puertos de gel en las conexiones de acometidas y derivaciones de circuitos en las redes subterráneas de baja tensión



Figura 6: Implementación de conectores UDC con envolturas plásticas de gel en la conexión de acometidas de baja tensión

Finalmente, se destaca que para realizar un correcto aterrizado del neutro del sistema ó elaboración de mallas de puesta a tierra (tema a no ser tratado en este documento) es necesario utilizar conectores de puesta a tierra certificados y adecuados para dicho uso y así garantizar una sólida conexión y baja resistencia eléctrica bajo condiciones de operación. Por lo expuesto

a continuación se hace énfasis en ciertos artículos del NEC (*National Electric Code*) 250-112, 250-113 y 250-115, en donde se manifiesta lo siguiente:

250-112. Al electrodo de puesta a tierra: La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo correspondiente, debe ser accesible y estar hecha de tal manera que asegure una puesta a tierra eficaz y permanente.

250-113. A los conductores y equipo: Los conductores de puesta a tierra y los cables de puentes de unión se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectadores a presión aprobados y listados, abrazaderas u otros medios también aprobados y listados. No se deben usar medios o herrajes de conexión que solo dependan de soldadura.

250-115. Conexión a los electrodos: El conductor de puesta a tierra de equipo se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, zapatas, conectadores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados y listados... No se debe conectar al electrodo de puesta a tierra con la misma abrazadera o accesorio más de un conductor, excepto si la abrazadera o accesorio está aprobada(o) y listada(o) para usarla con varios conductores.

Dada estos artículos se procedió a investigar y se pudo encontrar algunos conectores de barra- tierra a cable que cumplen con los artículos antes descritos. Los conectores utilizados en estas redes subterráneas fueron:

- Conectores de barra tierra – cable, tipo YGLR-C (GRIDLOK) *High Strenght Irreversible Compression Ground Rod to Grid Connector*, marca BURNDY.
- Conectores TGC (*Transversal Ground Connector*), marca TYCO ELECTRONICS.

3. DESCRIPCION DE EQUIPOS

3.1. Barraje Aislado de Distribución o Puerto de Gel para Baja Tensión (*GELPORT- 600 V*)

Este barraje aislado de distribución sirve para realizar derivaciones de una misma fase de un circuito y también para instalar acometidas de baja tensión. Por otro lado, este barraje sumergible de distribución está fabricado de una aleación de aluminio estañada de alta conductividad para prevenir la corrosión y está cubierto de una Gel Siliconada sellante. De igual manera está protegido por una cubierta de Polipropileno de alta resistencia al impacto, a la perforación, a la flamabilidad (Norma UL 94), a los Hongos (Norma ASTM G21) y Rayos UV (Norma ASTM G53-8). La Gel Siliconada sellante da un aislante eléctrico

y un sello hermético a las conexiones previniendo el ingreso del oxígeno, humedad y contaminantes. Este tipo de barraje soportan temperaturas de 90 grados centígrados, corrientes nominales de 525 amperios y voltaje nominal de 600 voltios. Su rango de aplicación es desde un conductor calibre 12 AWG hasta 350 MCM. Cumple con las normas ANSI C 119.4 y ANSI C 199.1. Existen barrajes aislados de 3, 4, 5, 6 y 8 salidas.

El procedimiento a seguir para instalar un barraje de aislamiento es el siguiente:

- Cortar el cable.
- Retirar la capa de aislamiento del cable a la medida que da el fabricante.
- Aflojar los tornillos en el interior del puerto de gel con llave hexagonal de 5/16”.
- Introducir el cable en el barraje o puerto de gel.
- Apretar los tornillos que están en el interior del puerto con la llave hexagonal de 5/16 “.
- Finalmente cerrar la tapa protectora para evitar q ingrese humedad al tornillo.

Como ilustración, el principio del *Powergel* se basa en desplazar la humedad o contaminantes mediante la presión de la Gel Siliconada una vez que se introduce el cable al puerto o envoltura plástica. Asimismo, cuando la Gel comprimida se adhiere a la superficie del cable creando un sello hermético contra la humedad y el oxígeno. Al no existir la presencia de agua y oxígeno en la conexión de dos metales no se produce la corrosión.



Figura 7: Principio del uso de gel que impide la corrosión

3.2. Conectores UDC (Conectores Universal de Distribución) para derivación en redes de Distribución. (AMP MINIWEDGE-CONNECTORS)

Estos conectores están formados por dos elementos; el primer componente es un cuerpo en forma de C, Figura 8a y el segundo es una cuña, en la Figura 8b, ambos están fabricados en aleación de aluminio e impregnados con grasa inhibidora. El cuerpo en forma de C tiene dos aberturas, en donde en la primera se instala el cable principal de alimentación y en la segunda se instala la derivación o acometida del cliente. Además permiten conexiones bimetálicas, es decir, cobre-cobre, aluminio-aluminio, cobre-aluminio y están protegidos contra las variaciones de temperatura y sobrecarga.

Otro punto es que estos conectores utilizan el concepto de tecnología a presión por cuña, creando un efecto de resorte en el cuál se mantiene una presión constante y suministra eficiencia y seguridad a la red eléctrica bajo condiciones normales de operaciones y sobrecargas, figura 8c. Además, el cable tiene una mayor área de contacto entre el cuerpo en forma de C y el conector tipo cuña, el mismo que puede ser removido y reutilizado sin dañar los conductores. Los conectores están diseñados de acuerdo con la norma ANSI C 119.4. Sus rangos de aplicación son amplios ya que van desde un conductor calibre 14 AWG hasta 4/0 AWG y se los identifican por colores en su envoltura plástica.

Para la instalación del conector no se debe requerir de ningún tipo de herramienta especial, y deberá hacerse únicamente con un alicate de 12 pulgadas, tipo pico de loro.

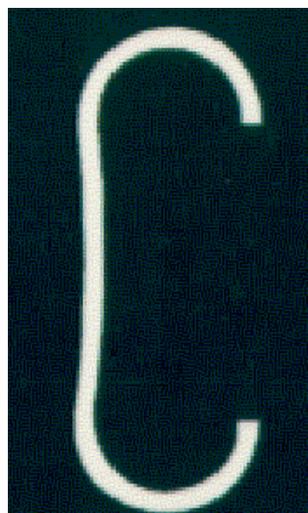


Figura 8a: Primer elemento, cuerpo en forma de “C”

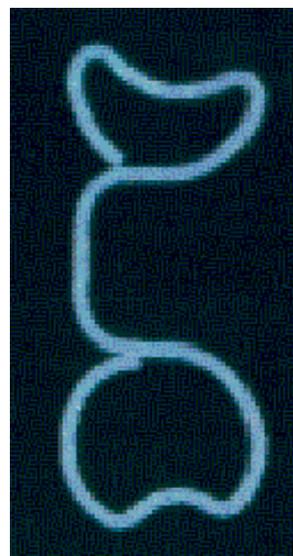


Figura 8b: Segundo elemento, conector tipo cuña

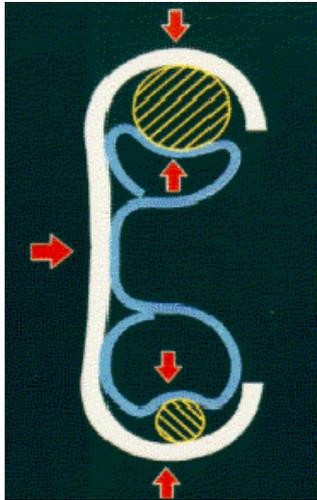


Figura 8c: Instalación de un conductor en conectores tipo cuña, en donde se aprecia la doble acción de la fuerza tipo resorte ejercido por los 2 elementos

3.3. Envoltura Plástica con Gel Siliconada para Baja Tensión. (GHFC H-FRAME GEL CLOSURE- 600 V)

Las envolturas plásticas están fabricadas de una cobertura de Polipropileno de alta resistencia mecánica, resistente al impacto, a la perforación, a los agentes químicos, sales, ácidos y rayos UV; además rellena de una Gel Siliconada sellante que sirven para cubrir las conexiones bimetálicas con los conectores UDC. Asimismo, pueden ser instaladas bajo el agua y trabajar a temperaturas de 90 grados centígrados. Estas envolturas vienen con 3 seguros para garantizar el sello hermético y protección de la conexión. Cumplen con Norma ANSI C199.1.

3.4. Conectores de Barra Tierra - Cable tipo YGLR-C (GRIDLOK) High Strenght Irreversible Compression Ground Rod to Grid Connector, marca BURNDY

Este conector de cobre tiene dos elementos, en donde el elemento A, es el conector donde se introduce la barra a tierra de diámetro de 5/8 pulgadas y el elemento B, es el conector de cable en donde se coloca y comprime el conductor que se va a aterrizar. Las distintas medidas de estos elementos se lo pueden ver en el catalogo de productos [6]. Para que este conector sea comprimido se necesita el uso de una de las siguientes máquinas y dados de compresión:

1. Máquina hidráulica HYPRESS Y35, marca BURNDY.
2. Máquina PATRIOT Y 750 HYPRESS, marca BURNDY.
3. Dados U997 y PU998, dependiendo de

la barra a tierra y calibre del conductor a aterrizar.

4. Cabe recalcar que la medida de la barra a tierra que utilizamos en la CATEG es de 5/8" x 6 u 8 pies.
5. Conectores TGC (*Transversal Ground Connector*). Marca TYCO ELECTRONICS

El diseño de este conector incorpora el concepto elástico para garantizar una fuerza de contacto constante y de baja resistencia eléctrica, evitando el aflojamiento de la conexión bajo condiciones de operación y ambientales. Los materiales de este conector ofrecen una alta resistencia mecánica, alta conductividad y resistencia a la corrosión. Está conformado por dos elementos, en donde el primer elemento o elemento C es de acero inoxidable y su segundo elemento es la cuña de aleación de cobre.

Sus características se las detalla a continuación:

1. Resistente a la corrosión.
2. Elimina la necesidad de usar moldes, pólvora y maquinas de compresión.
3. No son afectados por condiciones climáticas.
4. No se requiere de personal especializado.
5. Menor tiempo de instalación.
6. No daña los cables y puede ser retirado fácilmente.
7. Tiene una traba de seguridad para verificar su correcta instalación.
8. Su rango de aplicación para varillas de tierra es de 1/2", 5/8", 3/4".y el calibre del conductor a ser aterrizado va desde un # 8 hasta # 2 AWG.
9. Para instalar este conector se necesita el alicate de 12 "tipo Pico de Loro.

Cumple con las normas: Bellcore TR-NWT-001075, UL 486A y UL 467. Tiene certificado CIDET # 01695.

4. ANALISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN

A continuación se dará a conocer la inversión que se debe realizar en un circuito subterráneo de baja tensión para la implementación de los equipos de gel. Para ilustración se asumirá un circuito subterráneo que tenga instaladas acometidas triplex de aluminio en mal estado.

Por lo general un circuito subterráneo de baja tensión de la ciudadela Puerto Azul está conformado por lo siguiente:

1. Ocho villas con una demanda promedio entre 13 a 15 KW. Acometidas triplex calibre # 4 ó 1/0 aluminio.

2. Un transformador de 50 KVA autoprotegido.
3. Circuito subterráneo conformado por 2 # 4/0 AWG cobre TTU + N # 1/0 AWG cobre desnudo.

Como se mencionó en párrafos anteriores para garantizar la hermeticidad y evitar el ingreso de agua o contaminantes en los equipos de gel se debe usar todos los conductores forrados. Por consiguiente, se debe realizar los siguientes trabajos:

1. Cambiar las 8 acometidas triplex de aluminio existentes por acometidas conformadas por 2# 2 Cu THHN + N # 4 Cu THHN, distancia aproximada de 8 mts desde la caja de registro hasta el medidor.
2. Cambiar el conductor neutro de cobre desnudo por un conductor de cobre forrado de calibre 1/0 AWG TTU. La distancia total promedio del neutro del circuito es de 160 mts. (Esta distancia puede variar de acuerdo al circuito).
3. Instalación de 2 varillas de 5/8 “ x 8 pies y 2 conectores de compresión para puesta a tierra.
4. Uso de cintas de colores para marcación de fases de corrientes y neutro del circuito.
5. Instalación de puertos de gel de 3, 4, 5 y 6 salidas. Para este ejemplo, se está utilizando 12 puertos de gel de 3 salidas, 2 puertos de gel de 4 salidas, 3 puertos de gel de 5 salidas y un puerto de gel de 6 salidas.
6. Envío de 2 cuadrillas de linieros para laborar en un tiempo estimado de 6 horas.

Tabla 1: Gastos de Inversión

Descripción de Gastos	Valor
Cambio de 8 acometidas triplex de aluminio por conductores forrados de cobre.(calibre # 2 AWG y 4 AWG cobre THHN)	\$ 839.00
Cambio del conductor de cobre desnudo del neutro del circuito.	\$ 1,520.00
Varillas y conectores de puesta a tierra	\$ 110.00
Puertos de Gel	\$ 854.00
Mano de Obra: 2 cuadrillas de linieros (6 horas de labores cada unidad).	\$ 750.00
TOTAL DE INVERSIÓN	\$ 4,073.00

El valor total de inversión es de \$4.073,00, en donde se puede indicar que los clientes de este circuito con la implementación de los equipos de gel no requiere por algunos años el envío de cuadrillas de reparación por problemas de fluctuaciones de voltaje o cortes en el suministro de energía eléctrica de baja tensión. Caso contrario, en los circuitos de baja tensión que tienen

conexiones con grilletes y conectores de compresión en donde existen fluctuaciones de voltaje, averías en artefactos eléctricos y llamadas de los clientes al centro de reclamos para el envío de cuadrillas de inspección y reparación. Cabe destacar que las reparaciones de las cuadrillas de linieros sin usar los equipos de gel sería temporal ya que se usaría nuevamente un grillete o conector de compresión con la aplicación de cinta autofundente y cinta de vinilo, lo que no garantiza un arreglo definitivo, la presencia de fluctuaciones de voltaje y daños en los artefactos eléctricos. Como ilustración, mencionaremos un daño en dicha red en donde se dañan 3 empalmes hechos con grilletes o conectores de compresión y se tiene que enviar al personal de la empresa eléctrica distribuidora para repararlo. Los gastos que se generarían serían:

1. Envío de una unidad de Guardia Permanente, personal que verifica el daño en el circuito subterráneo y reporta a la central de radio.
2. Envío de una cuadrilla de linieros para reparar el daño reportado.
3. Uso de grilletes, cintas autofundentes y de vinilo.
4. Número de visitas en un promedio de 12 a 18 meses: 2.
5. Costo estimado de reparación: \$ 650,00

En ciertos casos existía el reclamo de clientes por artefactos quemados, tales como, televisores, refrigeradoras, equipos de sonido, lo cual no se valora en este ejemplo.

Por lo expuesto, el uso de grilletes y conectores de compresión implica una reparación temporal lo que no garantiza que se presente nuevamente fluctuaciones de voltaje o interrupciones del suministro de energía en el tiempo antes descrito.

5. RECOMENDACIONES

Luego de la experiencia adquirida en un tiempo mayor a 3 años en la implementación e instalación de los equipos de Gel de Silicona me permito hacer las siguientes recomendaciones para garantizar la durabilidad y operatividad de dichos equipos y evitar la corrosión galvánica en cualquier red subterránea de baja tensión:

1. Para lograr una hermeticidad y evitar el ingreso de agua u otros contaminantes que ocasiona la corrosión, se debe considerar lo siguiente:
 - a) El neutro de un circuito subterráneo de baja tensión debe ser aislado en donde su aislamiento debe ser TTU o similar y

- con temperaturas de operación mayores a 75 grados centígrados.
- b) Todas las acometidas subterráneas en baja tensión tanto para sus conductores de corriente como neutro deben ser con aislamiento tipo TTU o similares y con temperaturas de operación mayores a 75 grados centígrados.
- Se debe eliminar por completo el uso de las grapas de compresión y/o grilletes para realizar las conexiones bimetálicas de las acometidas en los circuitos subterráneos de baja tensión.
 - Se debe eliminar el uso de acometidas del tipo triplex y preensambladas (2 conductores forrados y el neutro concéntrico cubiertos por una chaqueta de PVC) ya que al realizar la conexión del neutro desnudo en los equipos de gel, por sus intersticios se ingresará el agua y con el tiempo se afectarán los mismos.
 - Homologar y normar el uso de los equipos que usan el gel de silicona sellante en las redes subterráneas de baja tensión para las conexiones de servicio provisional y definitivo de energía eléctrica, y en las conexiones de las acometidas de alumbrado público.
 - Homologar el uso de conectores de las varillas de puesta a tierra, los mismos que deben cumplir normas y certificaciones UL que garanticen una sólida conexión de baja resistencia eléctrica bajo condiciones de operación.
 - Capacitar al personal propio y contratista de la Empresa Eléctrica de Guayaquil en las especificaciones técnicas, procedimientos de instalación e importancia del uso de los equipos de Gel Siliconada para evitar malos ajustes y conexiones lo que provocaría con el tiempo la filtración de agua, daño de los mismos y quejas de los clientes de la red eléctrica.
 - Capacitar anualmente al personal propio y contratista de la Empresa Eléctrica de Guayaquil en los conceptos e importancia de un conductor neutro, puesta a tierra, neutro aterrizado, entre otros.

- Marcar con cintas de colores las fases de corrientes y el conductor neutro para evitar equivocaciones en las instalaciones de dichos conductores en los equipos de Gel.
- Para instalar una varilla de puesta a tierra se debe elaborar un hueco a cierta profundidad (30 a 45 cm) con una barreta y luego instalarla. Con esto se evitará una laceración en algún punto de su baño de cobre.

6. CONCLUSIONES

- Luego de haber instalados dichos equipos en casi el 90% de los circuitos subterráneos de baja tensión de la ciudadela Puerto Azul se ha eliminado las fluctuaciones de voltaje, sulfataciones en las conexiones, cortes en el suministro de energía y envío de unidades del área operativa lo que ha generado un beneficio a los residentes de dicha ciudadela y una mejora en la calidad del suministro de energía eléctrica.
- La implementación de los equipos de gel brindó al personal de campo una mayor comodidad y agilidad para la instalación de los mismos. Asimismo, se interrumpió en un menor tiempo el suministro de energía al haber adquirido las destrezas y habilidades en las técnicas de instalación.
- La fácil y rápida técnica de instalación de los equipos de gel garantizaron la seguridad del personal y que no existieran accidentes laborales.
- El valor aproximado en la inversión de los equipos de gel en un circuito subterráneo de baja tensión se recuperaría en el corto o mediano plazo (2 a 3 años), dependiendo de los daños que se presenten en dicha red, lo que implica una mejor imagen de la empresa eléctrica distribuidora dada la continuidad y calidad del suministro de energía, mejora de los índices de calidad y evitar demandas de los consumidores por artefactos quemados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fichas técnicas de Puertos de Gel, envolturas plásticas y conectores UDC de *TYCO ELECTRONICS*. <http://energy.tycoelectronics.com>.

- [2] Presentación de PowerGel para la Industria Eléctrica de Miguel Contreras. TYCO ELECTRONICS. 7 de Octubre del 2008. 19 diapositivas.
- [3] Presentación de Conectores de Cuña para conexiones en Baja Tensión de Ing. Roberto Gómez. TYCO ELECTRONICS. Año 2003. 23 Diapositivas.
- [4] Corrosión. Carlos Daniel Morales. www.monografias.com. Dos páginas.
- [5] NEC, National Electric Code. Artículo 250 Puesta a Tierra.
- [6] Master Catalog, Solutions for the Electrical Industry, Burndy, página E8.



José Luis Hidalgo Villacrés.-
Nació el 3 de agosto de 1969 en la ciudad de Guayaquil-Ecuador. Recibió su título de Ingeniero en Electricidad especialidad Potencia en 1993(ESPOL); de Magíster en Administración de Empresas en el 2003(ESPAE). Se desarrolló como ingeniero de Distribución en la

Empresa Eléctrica de Guayaquil desde el año 1992 hasta el 2010, desde el 2010 hasta la presente fecha ocupa el cargo de Jefe del Departamento de Mantenimiento del Sistema.