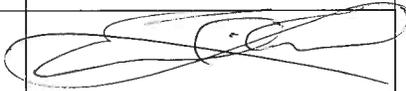


**COMISIÓN REGIONAL DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA**

**SUPERVISIÓN Y VIGILANCIA DEL MER**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA LÍNEA SIEPAC  
AÑOS 2015-2017**

INFORME SV-53-2017		
Responsables	Puesto	Firma
Sonia Fernández	Coordinadora	
Ricardo Cálix	Especialista en AOM	

15 de enero de 2018

## Contenido

1. ANTECEDENTES .....	3
2. ESTADO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIONES.....	3
2.1 Detección de condiciones comunes .....	4
2.2 Gestión del Mantenimiento por País.....	11
3. GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 2015 Y 2016 .....	17
3.1 Gastos de Mantenimiento de línea de transmisión: .....	20
3.2 Gastos de Mantenimiento de Subestaciones.....	20
4. CONCLUSIONES.....	22
5. ANEXOS.....	23

## **1. ANTECEDENTES**

Conforme las funciones de la Unidad de Supervisión y Vigilancia de fiscalizar el cumplimiento de mantenimiento de la SIEPAC, se realizan supervisiones con el objetivo de verificar el estado de las instalaciones y el proceso de mantenimiento de la SIEPAC desde la programación, ejecución y cierre, evaluando que los mantenimientos reflejen los gastos de operación y mantenimiento que se han aprobado por medio del Ingreso Autorizado Regional (IAR).

Con base en las supervisiones de campo realizadas a los 20 tramos que componen la línea SIEPAC durante el período del 2015 al 2017 y los resultados de Auditorías Financieras a la EPR correspondiente a los años 2015 y 2016, donde se verificaron los gastos de Administración, Operación y Mantenimiento en cada una de sus Sucursales, se ha realizado la actualización del estado de la línea SIEPAC.

## **2. ESTADO DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBESTACIONES**

Se hizo uso de la información recopilada en las supervisiones de campo a las instalaciones de la línea de acuerdo a las sucursales de EPR. Para dichas supervisiones se tomó como base la ejecución del Plan de Trabajo de Operación y Mantenimiento de la EPR de los años 2015, 2016 y 2017 así como la investigación de eventos en la red durante dicho período. Adicionalmente, el análisis se hizo considerando parámetros de:

- a. Operación y Mantenimiento.
  - Mantenimiento Preventivo, Predictivo y Correctivo.
  - Envejecimiento o deterioro.
  - Obras no ejecutadas en el período constructivo de la Línea (brecha servidumbre, accesos vehiculares, cunetas, obras civiles complementarias).
  - Deficiencias detectadas en materiales, equipos o procesos constructivos.
  - Obsolescencia tecnológica.
  - Seguridad e Higiene Industrial.
  - Herramientas Tecnológicas de operación y soporte (SCADA, software de mantenimiento, otros).
  - Bodegas e inventarios.
  - Mejoras
  
- b. Condiciones Ambientales y Sociales.
  - Contaminación (salina, volcánica, animal y vegetal).
  - Corrosión.
  - Nivel isoceraúnico.

- Cambio de flora y fauna.
  - Robo y daño a la infraestructura.
  - Compromisos medioambientales.
  - Temperatura, humedad, otros.
- c. Estado de las instalaciones de acuerdo con su ubicación sobre el nivel del mar, partiendo que el diseño de la línea tanto de las variables involucradas para determinar el tipo de cable, cadenas de aisladores como equipos de patio de subestaciones contempla alturas esperadas entre 100 a 2000 msnm.
- Efecto Corona.
  - Rotura de voltaje.
  - Eficiencia equipos subestaciones.
- d. Los tramos en riesgo y las medidas que se han ejecutado.
- e. Gastos de AOM y ejecución del mantenimiento años 2015 y 2016.

## **2.1 Detección de condiciones comunes**

### **1. Compromisos Ambientales:**

Se refiere a las medidas preventivas y de control que se deben ejecutar para mitigar los impactos ambientales negativos causados por la construcción de la línea. En base a las supervisiones de campo se pudo verificar que EPR mantiene compromisos ambientales

- La existencia y la instalación de dispositivos anti posicionamiento de aves en las ménsulas de las torres de transmisión en El Salvador y Honduras y de dispositivos disuasorios para evitar choques de aves con las líneas de transmisión en Guatemala.
- El proceso de seguimiento del Colibrí Esmeralda en Honduras EPR, junto con la Secretaria de Recursos Naturales de Honduras para que esta última preste los servicios de dicha consultoría de seguimiento.
- Las necesidades de ampliación de brechas de servidumbre para obtener el ancho reglamentario en Honduras, Costa Rica y Panamá, en estos en donde su legislación obliga a realizar compensaciones forestales complementarias por cada corte nuevo de masa forestal que se ejecute.
- No se tienen avances en los Sistemas de Alertas tempranas de los cuales no hay un entendimiento claro de sus alcances por parte de las sucursales.

- Como parte de las inversiones pendientes por realizar, en la Auditoría 2016 EPR presentó un cuadro de desembolsos de fondos por compromisos ambientales:

Cuadro No. 1: Compromisos Ambientales de EPR, 2015 y 2016

COMPROMISOS AMBIENTALES	Monto a Desembolsar (REAL)	Desembolsado 2015 (Registrados Contabilidad)	Desembolsos 2016 (Registrados Contabilidad)	Pendiente por desembolsar
<b>Dispositivos Disuasores Aves HO</b>				71,725
<b>Compra 3950 Dispositivos Disuasores Aves</b>	50,520	41,279		9,241
<b>Instalación 3950 Dispositivos</b>	62,484			62,484
<b>Estudio de Efectividad</b>				-
<b>Dispositivos Antiposamiento</b>	102,502	44,579	93,698	- 35,775
<b>Estudio de Efectividad GU &amp;</b>	60,000			60,000
<b>Informes Finales</b>	90,000			90,000
<b>Sistema Alertas Tempranas</b>	65,000			65,000
<b>Seguimiento Colibrí</b>	10,000			10,000
<b>Informes de Cierre</b>	65,000			65,000
<b>Compensación Forestal</b>	2,710,778			2,710,778
<b>SUB TOTAL</b>	<b>3,216,284</b>	<b>85,858</b>	<b>93,698</b>	<b>3,036,727</b>

Fuente: EPR

## 2. Servidumbres:

Del documento PT-001, de EPR: *“Identificación de riesgos naturales – antrópicos y plan de contingencia regional”* identifica riesgos en base al método causa – efecto del cual puede desprenderse que un ancho de brecha de servidumbre reducido o invadido puede ser causal de un evento por irrupción de árboles o por actividades humanas.

Desde la etapa constructiva quedaron múltiples sectores en todos los tramos de la línea SIEPAC con un ancho reducido no reglamentario. En las sucursales de EPR si bien se tiene un registro de los sectores con problemas de poda o invasión en las servidumbres, no se tienen las medidas de mitigación para evitar incongruencias por posibles reclamos ante eventos que pudiesen darse en la red; por ejemplo, El Salvador indica que en el tramo 6 las autoridades ambientales les restringen el corte de árboles en ciertas zonas pero no se nos pudo indicar que medida sustitutiva pueden tomar. EPR debe asumir la responsabilidad ante casos que involucren eventos que afecten la línea originados por no tener el ancho reglamentario de la brecha en dichos sectores.

S&V requerirá a EPR presentar un informe que contenga el detalle de los tramos que cuentan con un ancho reducido de poda o que exista invasión en las franjas de servidumbre,

a la vez que se presente el Plan de Acción a implementar para ajustar dichas servidumbres de acuerdo con los requerimientos técnicos de la industria.

### 3. Contaminación

En los diferentes tramos de la L.T. de todos los países, se produce una pequeña pero continua contaminación en aisladores por anidamiento de aves en las ménsulas de las torres de transmisión, este problema conlleva una reducción en la rigidez dieléctrica (material no conductor) que debilita el campo eléctrico entre las placas del aislador limitando el adecuado desempeño de su función operativa y ha generado la necesidad de un continuo plan de limpieza y/o remplazo de aisladores (este último aplica también para problemas de roído de aisladores por aves) el cual requiere intervenciones con despejes de líneas que afectan la disponibilidad de la línea. Aunque todos los países han implementado sistemas de anti posado de aves en las ménsulas de las torres de transmisión, su éxito ha sido parcial y limitado, donde solo Honduras ha reportado tener una buena experiencia.

### 4. Contaminación Salina:

En el diseño de la línea se especificó para una operación entre 100 a 2000 msnm y la consideración de aislamiento polimérico para sectores a menos de 30 km de áreas costeras y de contaminación de sólidos solubles; en los diferentes tramos de la línea SIEPAC no se han detectado problemas de operación o fallas (efecto corona, rotura de voltaje) en el aislamiento o los equipos que involucren alturas mayores a los 1000 msnm, para los sitios a menos de 100 msnm y distancias menores a 30 km de la costa, el uso de aisladores poliméricos ha demostrado ser adecuados para las zonas con contaminación salina al aumentar la distancia de fuga del aislador y generarse un autolavado en épocas de lluvias que reduce o corrige la contaminación por salitres o depósitos solubles. No se ha requerido por el momento ejecutar labores especiales de limpieza por esto.

### 5. Nivel ceraúnico y densidad de impactos

A pesar de que la L.T. consideró en su diseño los altos niveles ceraúnicos de la región, EPR realiza mediciones periódicas de los parámetros de tierras a lo largo de la línea y se corrigen cuando se detectan valores superiores a los estimados en el diseño (10 ohms), en diversos tramos de la línea SIEPAC se registran casos esporádicos de estallido por rayos en las pilas de las torres de transmisión, los cuales EPR procede a corregir en base a la condición de criticidad del daño aprovechando su reparación para aumentar la capacidad de dispersión del sistema de tierra así como de embeber las bajadas de polo a tierra dentro de la pila a reparar y así evitar el robo (problema mayormente observado en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua) de conectores o del conductor en sí. Se considera que EPR debe

generar mapas y registros específicos útiles como referencia sobre la probabilidad de caída de rayos que precisen el límite de las áreas territoriales con un mismo nivel ceraúnico.

#### 6. Erosión y estabilidad geológica de suelos

La línea SIEPAC de Honduras y Costa Rica en los tramos 10, 11, 17, 18 y 19 y recientemente el tramo 20 de Panamá, presentan una mayor problemática en estabilidad de terrenos por su geología, la continua erosión, formación de escorrentías de invierno (aguas que corren por inundación) y hundimientos producto de la colonización agrícola, alteración de la flora autóctona y altos niveles de pluviosidad.

EPR lleva un control particularizado de torres en riesgo mediante inspecciones pedestres y monitoreo geodésico en torres correspondientes a los tramos mencionados.

#### 7. Construcción de obras de protección, reparación y variantes en L.T.

Obras de Protección:

La alta inestabilidad geomorfológica detectada en sectores del tramo 17 ha generado la necesidad de construir obras mayores de protección (reparación de suelos cocidos) en las torres 31 y 126 del tramo 17 las cuales fueron ejecutadas entre los años 2014 y 2015.

Por los efectos del huracán Otto que afectó a Costa Rica en el 2016 se requirió de reconstrucciones totales y parciales en las torres 169 a la torre 172 del tramo 15, las cuales fueron inspeccionadas por S&V.

Para el año 2017 se detectó el requerimiento de obras de reforzamiento y protección en torres de los tramos 13, 14, 16, 17, (como consecuencia de los efectos del huracán Nate) y 20 (activación de fallas geológicas y alta intensidad de lluvias) y se tiene planificada su inspección en base al cronograma de supervisiones de campo a ejecutar por S&V. Estas obras se ejecutarán a lo largo del año 2018 tal como se describe en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 2: Cronograma de Obras de Protección y Variantes, año 2018

	Nombre de tarea	Start	Finish
523	▲ Sucursal Nicaragua	Mon 01/01/18	Mon 31/12/18
645	▲ Obras de Protección	Thu 01/03/18	Fri 04/05/18
646	Tramo 13 - Torre 115	Thu 01/03/18	Fri 23/03/18
647	Tramo 13 - Torre 119	Mon 26/03/18	Thu 12/04/18
648	Tramo 13 - Torre 120	Mon 16/04/18	Fri 04/05/18
649	Tramo 14 - Torre 56	Thu 01/03/18	Sat 24/03/18
650	Tramo 14 - Torre 89	Mon 26/03/18	Fri 13/04/18
651	Tramo 14 - Torre 303	Mon 16/04/18	Fri 27/04/18
663	▲ Sucursal Costa Rica	Mon 04/12/17	Fri 30/11/18
719	▲ Obras de estabilización de taludes	Mon 04/12/17	Mon 30/04/18
720	Tramo 16 - Torre 383	Mon 08/01/18	Mon 30/04/18
721	Tramo 17 - Torre 047	Mon 04/12/17	Wed 28/02/18
722	Tramo 17 - Torre 179	Mon 08/01/18	Fri 30/03/18
723	Tramo 17 - Torre 286	Mon 04/12/17	Fri 30/03/18
792	▲ Sucursal Panamá	Mon 01/01/18	Mon 31/12/18
832	▲ Obra de Estabilización de Talud	Mon 22/01/18	Tue 20/02/18
833	Tramo 20 - Torre 359	Mon 22/01/18	Tue 20/02/18
834	▲ Obras de Canalización de Aguas	Mon 26/02/18	Tue 20/03/18
835	Tramo 20 - Torre 350	Mon 26/02/18	Tue 06/03/18
836	Tramo 20 - Torre 027	Tue 06/03/18	Tue 13/03/18
837	Tramo 20 - Torre 005	Wed 14/03/18	Tue 20/03/18

Fuente: EPR.

#### Construcción de variantes:

Problemas de erosión en taludes de sitios de torres en los tramos 5 y 7 así como las inestabilidades geológicas detectadas en los tramos 18, 19 y 20 han requerido la realización de variantes a la L.T. consistentes en la construcción de una ruta alterna de L.T. con el fin de esquivar terrenos con problemas geomorfológicos o fallados que pueden dañar las estructuras existentes de la ruta originalmente construida de la L.T.

A la fecha se han construido las siguientes variantes de las cuales se tiene planificada la inspección de las variantes descritas en los incisos c y d en base al cronograma de supervisiones de campo a ejecutar por S&V:

- a. En torre 65 del tramo 18, ejecutada en el II semestre del 2015.
- b. De torre 105 a la torre 110 del tramo 18, ejecutada entre el I semestre del 2017.  
Las variantes descritas anteriormente fueron inspeccionadas por S&V emitiéndose los informes correspondientes.
- c. Torre 27 del tramo 7, ejecutada en el II semestre del 2017.
- d. Están en proceso de construcción las variantes descritas en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 3: Cronograma de Obras de Variantes, año 2018

360	▲ Sucursal El Salvador	Mon 01/01/18	Mon 31/12/18
473	▲ Variante	Sat 06/10/18	Sun 07/10/18
474	Cambio de ubicación de torre T77-Tramo 5	Sat 06/10/18	Sun 07/10/18
663	▲ Sucursal Costa Rica	Mon 04/12/17	Fri 30/11/18
773	▲ Variante (Obra Civil, Montaje y Tendido)	Mon 05/02/18	Thu 31/05/18
774	Tramo 19 - Torre 011	Mon 05/02/18	Thu 31/05/18
792	▲ Sucursal Panamá	Mon 01/01/18	Mon 31/12/18
830	▲ Variante	Tue 02/01/18	Thu 22/02/18
831	Tramo 20 - Torre 350	Tue 02/01/18	Thu 22/02/18

Fuente: EPR.

Para todas las torres involucradas en reparaciones mayores y/o en procesos de construcción de variantes S&V ha solicitado los estudios de evaluación geotécnica y correctivos necesarios para efectuar las revisiones correspondientes.

#### 8. Vencimiento de Garantías de obra de la L/T

Las garantías de obra emitidas por las empresas TECHINT S.A. de C.V. y APCA Abengoa-Inabensa que cubren reparaciones que requiriese la línea por el tiempo pactado en los diferentes contratos en su mayoría han finalizado, en base a lo anterior debe esperarse un aumento en las erogaciones a realizar por EPR en concepto de reparaciones por daños que no fueron detectados o previstos durante la vigencia de las garantías por vicios ocultos.

#### 9. Efluvios Corona y Termografía

En el año 2015 se realizó un monitoreo aéreo de efluvios corona y termografía a lo largo de toda la L/T SIEPAC, sin embargo, dicho monitoreo no fue concluyente con respecto a la descarga de efluvios corona, por ejemplo en Panamá se detectaron 26 puntos con efluvios corona en amortiguadores del tramo 20 por lo que se cambiaron; sin embargo, las inspecciones realizadas al momento del cambio no detectaron daños ni en el conductor de la línea ni en los amortiguadores cambiados.

EPR no tiene un programa periódico de monitoreo en la L/T que genere registros del aislamiento sobre condiciones de pre falla por calentamiento (medición termográfica), efecto corona (medición ultravioleta) y/o suciedad (medición de corrientes de fuga, prevención de flashover), que permita tomar medidas correctivas - preventivas a tiempo.

S&V requerirá que EPR instaure un programa cíclico de monitoreo de efluvios corona, termografía y corrientes de fuga en las líneas de transmisión.

## 10. Subestaciones

EPR no cuenta con un criterio estandarizado en el mantenimiento de las bahías de S/E en las diferentes sucursales. En Guatemala, por ejemplo durante los años 2015 y 2016 se han realizado pruebas a equipos de patio en forma anual, en Honduras solo se han realizado inspecciones a los equipos sin la ejecución de pruebas y Costa Rica usa criterios de realización de pruebas con la frecuencia cíclica manejada por el ICE. Se carece de un manual regional estandarizado aplicable al mantenimiento de subestaciones.

S&V considera que la EPR debería uniformar su gestión de supervisión y realización de pruebas a subestaciones en base a criterios estandarizados acordes con la infraestructura que la SIEPAC maneja.

## 11. Quema de Cañaverales

La L/T en sectores de El Salvador, Honduras y Costa Rica pasa sobre zonas de cañaverales las que en épocas de zafra se realizan quemas que anteriormente por el calor generado producía disparos en la línea. En los últimos cuatro años EPR El Salvador y Costa Rica han implementado un exitoso proceso preventivo de corte sin quema a lo largo de la servidumbre en los sectores involucrados que ha reducido el riesgo de disparo por esta causa a cero, este procedimiento no se ha implementado en Honduras.

## 12. Propiedad Compartida

Para los casos en que la línea SIEPAC comparte propiedad con otros transmisores no se cuenta con acuerdos documentados que definan el procedimiento mediante el cual las empresas involucradas realizarían el mantenimiento y/o corrección de daños en las infraestructuras que pudiesen ser afectadas. Al momento se han detectado los siguientes problemas no resueltos:

- Mantenimiento por corrosión en las estructuras de pórticos de la SE Aguacapa propiedad del INDE pero de uso por EPR (año 2015).
- Mantenimiento y/o corrección de daños en las torres de la L/T de los tramos 5 y 6 compartidos con ETESAL (año 2015).
- Daños en la infraestructura vial interna y uso como almacén de postes el espacio contiguo a la bahía del reactor SIEPAC en la S/E Ticuantepe propiedad de ENATREL (año 2016).
- Riesgo de incendio por flora (zacatales) condición que compromete el equipamiento SIEPAC en la S/E Veladero propiedad de ETESA (año 2017).

S&V requirió a la EPR un informe de los casos en que la línea SIEPAC comparte propiedad con otros transmisores de la región el cual incluya copia de los contratos suscritos de propiedad compartida, a la vez el envío de información correspondiente que especifique y

sustente los acuerdos alcanzados referidos al mantenimiento y su procedimiento, y los compromisos para la corrección de daños en la infraestructura que pudiese ser afectada.

## 2.2 Gestión del Mantenimiento por País

De las supervisiones efectuadas, se encontró que los principales trabajos de mantenimiento realizados en los tramos atendidos por las seis sucursales fueron inspecciones pedestres y mantenimiento por poda de brecha. Las particularidades encontradas por sucursal fueron las siguientes:

### Guatemala:

En los años 2014 y 2015 se detectó en Guatemala condiciones de riesgo por desbordamiento de quebradas, creación de escorrentías y erosión en los TRAMOS 1 y 3 de la L/T, situaciones que fueron corregidas hasta en los años 2016 y 2017 (fotos 1 y 2).

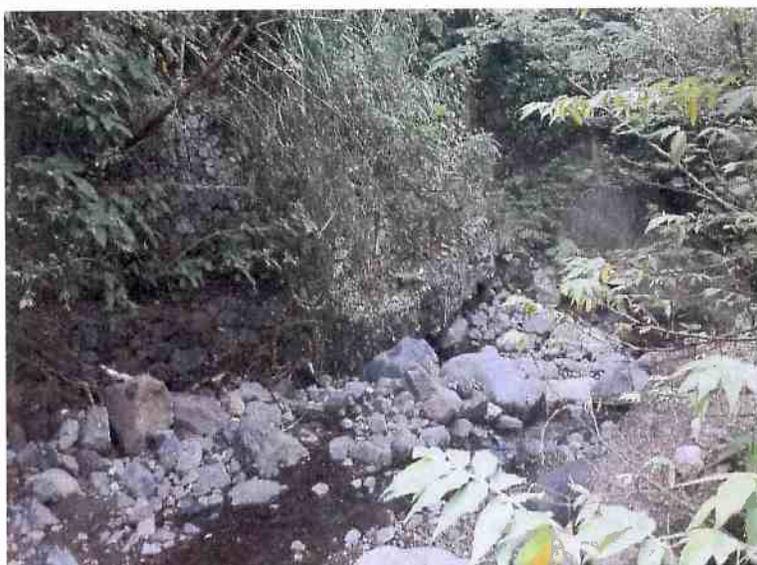


Foto # 1 2015



Foto # 2 2017

**Torre 193 tramo 1 falla de muro de gaviones detectado año 2015 y corregido I semestre 2017**

El Salvador:

Se ha requerido realizar trabajos de soldadura de pernos y piezas (foto # 3) e implementación de vigilancia como medida de mitigación ante el robo de partes de las torres de transmisión el cual fue un problema severo en El Salvador.

En sectores de El Salvador se ha detectado contaminación en aisladores por procesos industriales semi-artesanales de producción de cal (foto # 4). Además, se han realizado gastos de Honorarios y Servicios Profesionales relativo a los estudios de modificaciones en la línea en las t77 TRAMO 5 y t27 TRAMO 7.



Foto # 3 Soldadura de pernos tramo Ahuachapán - Nejapa



Foto # 4 Aislamiento contaminado El Salvador

### Honduras:

Con base en las inspecciones pedestres se detectó una incipiente afectación por corrosión en las secciones metálicas de los aisladores en la LT en sectores de los tramos 8, 9 (por brisa marina), y de estructuras de torres en tramo 11 de Honduras; daño por roído y contaminación fecal por aves obliga a cambio de aislamiento en la línea en tramos 8 y 9 (foto # 5). Un fenómeno de corrosión presumiblemente por metano de heces vacunas obligó al cambio de tuberías de cableados en la SE San Buenaventura.

De acuerdo con los informes del Centro Regional de Coordinación de Transacciones del EOR, S&V detectó un número anormal de problemas operativos por sobre voltaje en la línea Panaluya – San Buenaventura durante los años 2016 y 2017 que han obligado a abrir la línea como medida de prevención, estos son producto del comportamiento reactivo de la línea en demanda mínima. EPR Honduras estima que con la incorporación de la subestación La Entrada y la futura incorporación de la conexión SE San Buenaventura - SE San Pedro Sula Sur por parte de la ENEE aumente la demanda de carga en la zona y se mejore el nivel de voltaje. Por ahora EPR contrató la realización de un estudio para la evaluación de adquisición de equipos de compensación reactiva.



Foto # 5 Roído de aisladores y contaminación fecal por aves

### Nicaragua:

Se observó contaminación por cenizas volcánicas en las torres que son tratadas periódicamente (foto # 6), se limpian o sustituyen las cadenas de aisladores de acuerdo a la criticidad de contaminación.

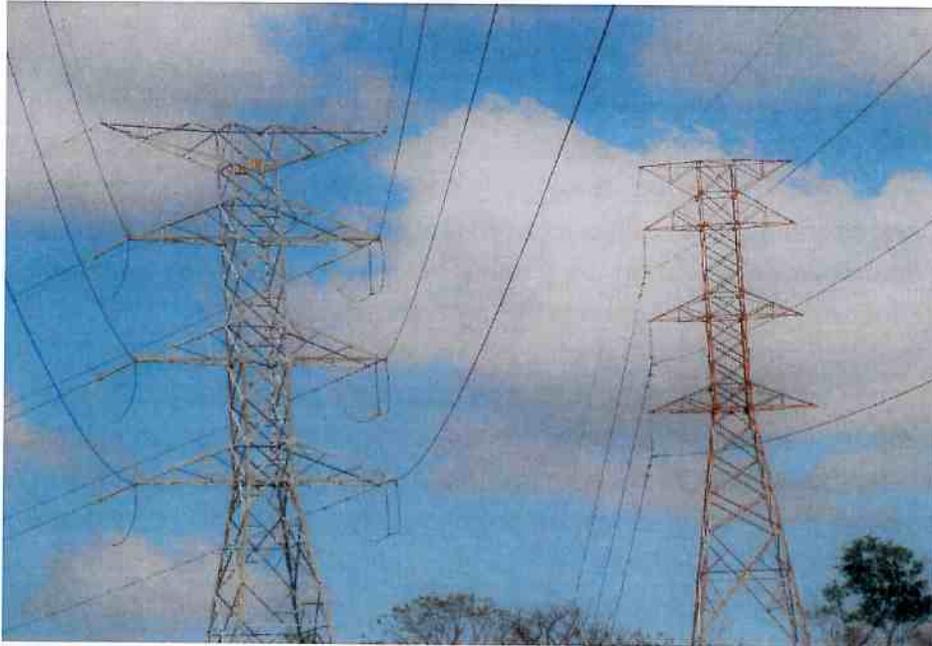


Foto # 6 Torre 119 tramo 13 SIEPAC con control de contaminación cenizas volcánicas (izq.); a la par torre de ENATREL contaminada

### Costa Rica:

Se detectó una incipiente corrosión en las partes expuestas al medio ambiente externo de stubs (talones) en los tramos 15, 16, 17, 18 y 19 de Costa Rica por altos niveles de humedad. Fisuras en las pilas de concreto de las torres en varios sectores a lo largo de todos los tramos de la línea se vuelven susceptibles a filtraciones y contaminación en su interior con riesgo a generar procesos de corrosión. Se considera que dichos tramos requerirán un continuo monitoreo por corrosión producto de los altos niveles de humedad relativa, precipitaciones anuales y tiempo de humectación <sup>(1)</sup> al haberse detectado varios casos en tan poco tiempo de existencia de la línea. Siendo que el galvanizado es la protección ante los factores contaminantes (en este caso humedad) se requiere determinar si dicha corrosión podría deberse a los materiales que se usaron para la construcción. El mantenimiento que se hace es función de la inspección pedestre anual siendo necesario implementar un proceso de seguimiento o monitoreo de estudio para estos casos.

<sup>(1)</sup> Tiempo durante el cual la superficie del metal ha estado cubierta por una capa o filtración de agua, que contiene contaminantes de la atmósfera (cloruros en entornos marinos y dióxido de azufre en entornos industriales, urbanos y volcánicos) o del medio ambiente (crecimiento de musgo en zonas determinadas) los cuales pueden incrementar la tasa de corrosión generando una alta susceptibilidad a daño sea en los galvanizados de protección como en el acero en sí.

Por ahora no se ha calculado la tasa de corrosión que pudiese existir en los diferentes segmentos con mayor incidencia de este fenómeno en los tramos detectados. La EPR no hace uso de mapas, cuadros u otros que mida la severidad de la contaminación medio ambiental, ataque de corrosión, etc. que puedan ser interpolados y modelados, lo cual es un punto de mejora.

Se considera que EPR puede implementar modelos predictivos <sup>(2)</sup> para determinar la curva de vida útil de las estructuras o su vida remanente, con el fin de cuantificar los impactos y efectos de los procesos de degradación permitiendo evaluar la disponibilidad de la estructura, establecer zonas con menor vida útil y definir la frecuencia óptima de inspección y mantenimiento. Esto les permitiría reducir la incertidumbre a la vez que tomar las decisiones técnicas y económicamente más adecuadas en la implementación del mantenimiento.

<sup>(2)</sup> Modelo de Vida Útil para Estructuras Acero-Zinc Utilizadas en la Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia (Fernando Villada, Juan D. Molina y Esteban Velilla).

Por efecto de erosión del suelo, se han realizado obras mayores de: a) reforzamiento de suelos cocidos torres 31 y 126 del tramo 17; b) reforzamiento de suelos cocidos en torres 102 y 103 del tramo 18 (foto # 7); c) construcción de variante a la L.T. entre las torres 105 y 110 del tramo 18.



Foto # 7 Torre 102 tramo 18, suelos cocidos, perforación e incrustación de pernos de estabilización

Panamá:

Detección en Panamá de falla geológica que generó condiciones de riesgo en la torre 350 del T20 (foto # 8) la cual requería una rápida respuesta pero que se accionó hasta 4 días después al no disponer EPR Panamá del personal de campo necesario.

Por efectos de erosión de suelos, está pendiente la evaluación y construcción de una variante entre las torres 348 y 352 del tramo 20.

S&V solicitó a EPR que establezca un protocolo de respuesta rápida ante emergencias que pudiesen afectar la infraestructura de la SIEPAC.

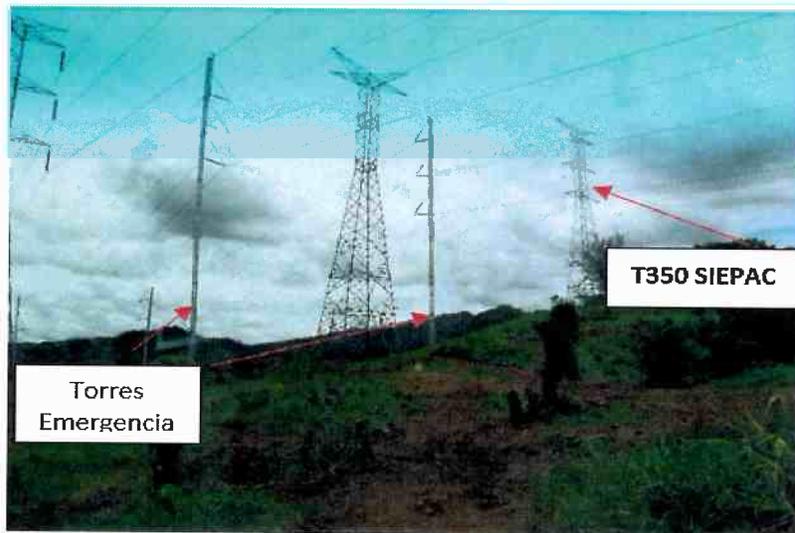
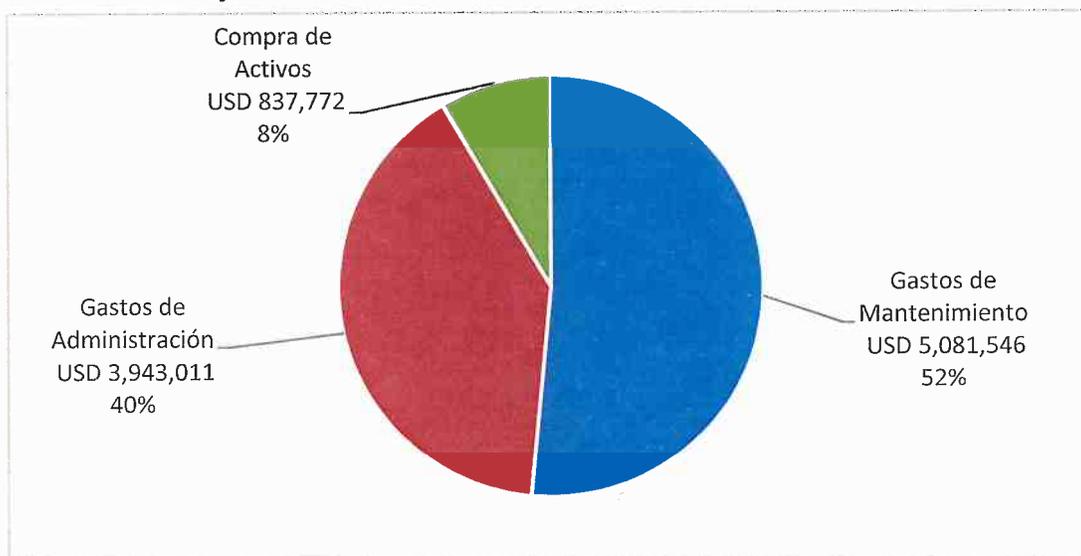


Foto # 8 Torre 350 tramo 20 donde se construirá variante desde torre 348 a la 352

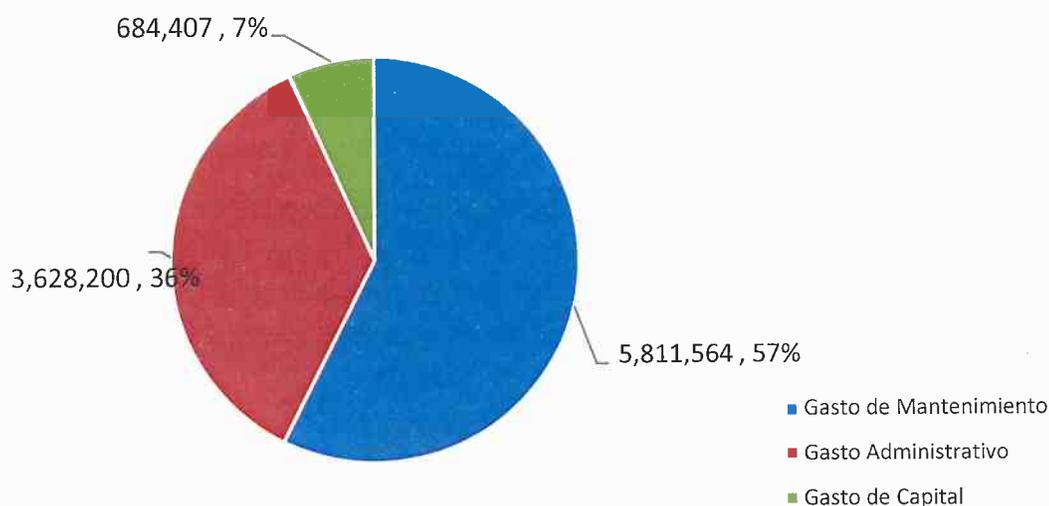
### 3. GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 2015 Y 2016

Se identificó a través de los registros contables y revisiones de la auditorías gastos de AOM para el año 2015 de US\$ 9, 862,329 y de US\$ 10,003,650 en 2016, que se desglosan según las gráficas siguientes:

*Gráfica No. 1: Distribución de los Gastos de AOM año 2015*



*Gráfica No. 2: Distribución de los Gastos de AOM año 2016*



Fuente: Auditorías de Administración de Recursos EPR, 2015 y 2016.

Aproximadamente el 50% del AOM se registró en gastos de mantenimiento y entre el 30% y 40% en gastos administrativos.

Con relación al personal, para el año 2016 se incrementó a 129 el total de personal según el siguiente cuadro:

*Cuadro No. 4: Personal EPR por Sucursal Año 2016*

País	Personal a Diciembre 2016					Totales
	Planilla		Tercerizados / Consultorías		Temporales	
	Adm.	Ingeniería	Adm.	Ingeniería	Ene-Nov Ingeniería	
Matriz	13	8	14	2	0	37
Costa Rica	4	11	3	3	5	26
El Salvador	7	8	0	0	0	15
Guatemala	5	6	0	6	0	17
Honduras	8	6	0	0	0	14
Nicaragua	5	7	0	0	0	12
Panamá	4	4	0	0	0	8
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>50</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>129</b>

Fuente: Auditoría de Administración de Recursos de EPR del 2016

En 2016 para los países que tienen un número equivalente de kilómetros de líneas de transmisión (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua) el promedio de empleados por sucursal es de 15 personas. Dicho personal es el encargado de la supervisión de las actividades, ya que contratan los servicios de cuadrillas de linieros, de poda o servicios a empresas para los trabajos de inspección, poda de brechas, cambios de aisladores, construcciones de infraestructuras y servicios especializados.

#### Gastos de Mantenimientos por Sucursal:

Partiendo de los gastos verificados en las auditorías efectuadas a la EPR durante los años 2015 y 2016 se presentan los gastos atribuidos al mantenimiento de campo, los costos de mantenimiento por km de líneas y por bahías de subestación en cada país, se realiza posteriormente un análisis de muestra de contratos disponibles por país para corroborar si los gastos realizados reflejan precios de mercado en la región.

*Cuadro No. 5: Gastos de Mantenimiento por Sucursal año 2015*

Sucursal	Gasto de Mantenimiento	%	km de Línea	Gasto de mantenimiento por km
Matriz	724,734	14%	-	-
Guatemala	623,537	12%	283	2,203
El Salvador	840,296	17%	288	2,918
Honduras	752,779	15%	270	2,788
Nicaragua	892,810	18%	308	2,899
Costa Rica	1,103,740	22%	497	2,221
Panamá	143,651	3%	150	958
<b>Totales</b>	<b>5,081,546</b>	<b>100%</b>	<b>1796</b>	<b>2,829</b>

*Cuadro No. 6: Gastos de Mantenimiento por Sucursal año 2016*

Sucursal	Gasto de Mantenimiento (US\$)	%	km de Línea	Gasto de mantenimiento por km
Matriz	919,477	16%	-	-
Guatemala	699,840	12%	283	2,473
El Salvador	1,051,689	18%	288	3,652
Honduras	714,688	12%	270	2,647
Nicaragua	634,637	11%	308	2,061
Costa Rica	1,343,314	23%	497	2,703
Panamá	447,919	8%	150	2,986
<b>Totales</b>	<b>5,811,564</b>	<b>100%</b>	<b>1796</b>	<b>3,236</b>

Fuente: Auditorías de Administración de Recursos años 2015 y 2016.

La sucursal de Costa Rica con 497 km de línea refleja el mayor porcentaje de gasto de mantenimiento (23% en 2016). Esto se dio sobre todo por las reparaciones y construcción de nueva ruta entre las torres 100 a 110 del tramo 18 el cual no es un gasto recurrente de mantenimiento.

El Salvador es el segundo país con mayor gasto de mantenimiento y con 288 km de línea tiene más costo por km de línea y Honduras es tercer país con mayor gasto de mantenimiento con 2.647US\$/km de línea; mientras que Nicaragua, con 308 km de tramos de línea, presenta el menos gasto de mantenimiento por km.

### **3.1 Gastos de Mantenimiento de línea de transmisión:**

Los gastos registrados fueron de US\$ 1, 518,859.00 en el 2015 y de US\$ 1, 390,714.00 en el 2016. Como gasto inusual para el 2015 se realizó una inspección aérea regional con un costo de US\$508,900 inspección que solo se realizó esa única vez.

El costo de las labores de limpieza de brecha fue de un promedio de US\$62,068 en los diferentes países de la región, con costos más altos en Honduras (US\$ 169,340 en 2016). Los precios antes indicados son congruentes con el mercado y sus variaciones son función de: a) Topología donde se ejecutan las labores, b) La inclusión de labores de inspección pedestre en algunos de los contratos, c) Regulaciones laborales y de seguridad industrial.

### **3.2 Gastos de Mantenimiento de Subestaciones**

La línea SIEPAC tiene un total de 20 subestaciones. Los gastos de mantenimiento de dichas subestaciones ascendieron a US\$ 263,229 en el 2015 y a US\$ 635,754 en el 2016. Se han detectado los siguientes puntos de diferenciación en el 2016:

- En Honduras con valores de US\$2,046.29/bahía para el año 2015 y de US\$19,564.29/bahía para el 2016, se cargó US\$50,330.00 en el 2016 por seguridad de almacén, entre otros solo se incluyeron inspecciones y pruebas parciales del equipo de patio por lo que los valores presentes en Honduras no son representativos.
- En El Salvador con un valor de US\$25,139/bahía en el año 2015 a US\$68,080/bahía en el año 2016, debido al pago a ETESAL por servicios de operación en subestaciones.
- Nicaragua con un US\$11,789.75/bahía en el año 2015 y de US\$38,203.25/bahía en el año 2016, la diferencia se da al contabilizarse en el año 2016 servicios de mantenimiento a S/E de años anteriores contratados a ENATREL por US\$ 48,390.00.
- En Costa Rica se obtiene un valor de US\$4,510.67/bahía en el 2015 y de US\$16,806.89/bahía en el 2016, en 2015 no se realizaron pruebas completas a los equipos de patio con periodicidad anual a la vez que al año 2016 se le cargaron valores (US\$42,771) por alquiler de bodegas y la realización de pruebas especiales lo que genera valores muy diferentes entre ambos períodos.
- Panamá no registra gastos en el mantenimiento de S/E en el año 2015 y en 2016 da un valor de US\$33,176.00/bahía, este valor se ve afectado entre otros al tenerse solo una bahía para este tramo y tener que realizarse entre otros las pruebas con proveedores externos al no cumplir técnicamente ETESA como un posible proveedor de estos servicios lo que incrementa los costos de las pruebas a subestaciones.

Cuadro No. 6

Concepto	Gastos Mantenimiento de la línea SIEPAC US\$													
	Total		Guatemala		El Salvador		Honduras		Nicaragua		Costa Rica		Panamá	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Mantenimiento de Líneas de Transmisión	1,518,859	1,390,714	150,219	141,292	271,428	93,970	398,210	311,895	226,188	135,830	329,163	507,670	143,651	200,057
Mantenimiento de Subestaciones	263,229	635,754	75,485	45,819	113,125	306,360	7,162	68,475	47,159	106,293	20,298	75,631		33,176
Compensación Reactiva	0	55,671		9,151						46,520				
Mantenimiento de OPGW	1,856	1,822						6			1,856	1,816		
<b>Gastos de Mantenimiento</b>	<b>1,783,944</b>	<b>2,083,961</b>	<b>225,704</b>	<b>196,262</b>	<b>384,553</b>	<b>400,330</b>	<b>405,372</b>	<b>380,376</b>	<b>273,347</b>	<b>288,643</b>	<b>351,317</b>	<b>585,117</b>	<b>143,651</b>	<b>233,233</b>

Cuadro No. 7

Concepto	Gasto de mantenimiento por km de L/T y bahías de S/E (US\$)													
	Total		Guatemala		El Salvador		Honduras		Nicaragua		Costa Rica		Panamá	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Costo US\$ por Km de L/T	850	778	531	500	944	327	1,474	1,155	740	444	672	1,034	956	1,332
Costo US\$ por Bahía S/E	13,161	34,571	30,194	21,988	25,139	68,080	2,046	19,564	11,790	38,203	4,511	16,807	-	33,176

#### 4. CONCLUSIONES

1. EPR ejecuta anualmente un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo el cual abarca en principio los elementos fundamentales en base a los estándares internacionales de la industria, con la periodicidad que corresponde y alto cumplimiento del mantenimiento planificado.
2. En base a inspecciones realizadas se ha detectado aspectos puntuales:
  - a) Retrasos en la respuesta de ejecución de obras correctivas de protección civil (a ej. Guatemala y El Salvador) condición que requiere ser corregida.
  - b) La inclusión dentro del mantenimiento de: i) obras remanentes de la etapa constructiva (a ej. ampliación de brecha en TRAMO 11), ii) obras de mitigación y/o correctivas producto de las condiciones sociales y medioambientales particulares de la región las cuales no pueden catalogarse como pertenecientes a un mantenimiento per se (a ej. soldadura de pernos por el robo de piezas en El Salvador y Honduras, obras civiles de protección y/o cambios de ruta en El Salvador y Costa Rica).
  - c) Se detectaron varios tramos de la SIEPAC en condiciones de riesgo por erosión y falta de estabilidad geológica de suelos, que requieren obras de protección, reparación y variantes en L.T. S&V está actualmente analizando los estudios de evaluación geotécnica y correctivos necesarios de las obras civiles, a la vez que tiene planificado la supervisión de dichas obras.
3. Del análisis del gasto de mantenimiento en línea y en subestación se concluye que:
  - a. El gasto en las labores de inspección, limpieza de brecha, reparaciones de puesta a tierra, cambios de aisladores, otros de L/T son congruentes con el mantenimiento realizado.
  - b. El gasto en labores de mantenimiento menor (pintados, corrección de corrosión, corrección puntos calientes, otros) y pruebas a los equipos de patio y de mando – control – protección de S/E son congruentes con precios competitivos de mercado. Las pruebas a equipos de patio pueden ser susceptibles a una reducción de costos en el caso de ser realizadas directamente por EPR.

## 5. ANEXOS

### Línea SIEPAC, primer sistema de transmisión regional



Tramo	Torres	Longitud (km)
1 Aguacapa – Front ES	231	99,5
2 Guatemala Norte - Panaluya	270	109,9
3 Panaluya – Front HO	163	73,4
4 Front GU - Ahuachapán	55	19,0
5 Ahuachapán - Nejapa <sup>1</sup>	233	89,0
6 Nejapa – 15 de Septiembre <sup>2</sup>	221	85,0
7 15 de Septiembre – Front HO	227	93,0
8 Front ES – Agua Caliente	138	53,92
9 Agua Caliente – Front NI	178	66,20
10 Torre 43 (T) – San Buenaventura	41	12,49
11 San Buenaventura – Front GU	367	142,70
12 Front. Honduras - Sandino	281	116,7
13 Sandino - Ticuantepe	161	64,7
14 Ticuantepe – Front CR	313	126,2
15 Peñas Blancas - Cañas	372	129,7
16 Cañas - Parríta	442	159,2
17 Parríta-Palmar Norte <sup>3</sup>	354	130,8
18 Palmar Norte - Río Claro	127	50,7
19 Río Claro - Paso Canoas	57	22,7
20 Front. CR - Panamá	398	150,0
<b>Total General</b>	<b>4629</b>	<b>1794,7</b>