4. DOCUMENTO: "PROPUESTA DE MEDIDAS".

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°1
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0001	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDA DE LAVADO DE AISLADORES

OBJETO:

Proponer una medida preventiva, consistente en el procedimiento de lavado de aisladores y herrajes de determinadas Torres de la línea de transmisión eléctrica de alta tensión LT 2x500 kV Cardones-Polpaico, del proyecto aprobado mediante RCA N°1.608/2015, a ser implementada eventualmente en aquellas zonas cercanas a los puntos de medición donde fuera necesario, en el marco de lo establecido en la norma de emisión de ruidos[1].

Su fundamentación técnica radica, en síntesis, en lo siguiente: dado que los ailsadores y herrajes consttuyen los componentes de infraestructura con mayor exposición a acumular particulas de polvo y contaminación en su superficie, y que éstas propician la generación de ruido, un adecuado cronograma de lavados periodicos permitiría prevenir la generación de ruido audible[2].

INTRODUCCIÓN:

El "efecto corona" es un fenómeno de naturaleza estocástica, es decir, azarosa, que ocurre cuando el esfuerzo eléctrico sobre la superficie del conductor excede la rigidez dieléctrica del aire que lo rodea[3]. Afecta a todas las líneas de transmisión eléctrica y depende fundamentalmente de la intensidad de campo eléctrico aplicado al conjunto aislamiento, cable conductor, la geometría de los elementos sometidos a dicho campo eléctrico, el que es afectado en diferente medida por las condiciones de superficie del conductor, elementos de fijación, condiciones atmosféricas de humedad, presión atmosférica y temperatura propias de la zona de la instalación.

En la fase de construcción del Proyecto, específicamente en el montaje de la línea, los conductores acumulan polvo, suciedad y grasa, elementos que, al iniciar la fase de operación del proyecto, es decir, al energizar la línea, entran en contacto directo con el campo eléctrico, generando el "efecto corona" que percibimos como ruido audible[4].

Asimismo, es muy relevante destacar que, desde que la línea entra en funcionamiento, es decir comienza a transmitir energía eléctrica (inicio de la Fase de operación) su haz de cables se va ajustando mecánicamente con el transcurso del tiempo, debido a las sucesivas dilataciones y contracciones de los materiales, principalmente producto de las variaciones de temperatura ambiente que se producen entre el día y la noche. De este modo, su funcionamiento permite que el

---

[1] Decreto Supremo Nº38/2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que "*Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del Decreto Nº146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia*" (en adelante, D.S. Nº 38/2011).

[2] Cfr.Peek, F:W. Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering, Mc Graw- Hill Book Company Inc.: New York, NY, USA, 1929.

[3] Ídem.

[4] Cfr. J. Raninga, M. Walker, R. Urban, A. Lapthorn and S. Hardie, Audible Noise Management of Newly Reconductored Transmission Lines, Cigre Session N°48, Doc. B2-305, Paris 2020.

efecto corona vaya disminuyendo naturalmente con el transcurso del tiempo. Mas aún, el fenómeno de 'envejecimiento del cable' ha sido bastante estudiado y demostrado en la literatura científica[5], en implica que el transcurso del tiempo disminuya el ruido audible de la línea de transmisión, como consecuencia de sus mejoras de desempeño.

En definitiva, y con miras a eliminar dicha suciedad, en el caso que las mediciones den cuenta de un cierto márgen de superación normativa, incorporar una medida consistente en el "Lavado de aisladores y herrajes" con agua desmineralizada, sería una alternativa viable para corregir el comportamiento de la variable ambiental ruido producto del efecto corona, conforme a lo aprobado en la RCA N°1.608/2015, medida que además, constituye una práctica normal y periódica de la industria eléctrica, que se realiza en las Sub Estaciones de Alta Tensión y en otras líneas eléctricas ubicadas en la Zona Norte del país que se ven expuestas a índices elevados de contaminación atmosférica, como ocurre por ejemplo con el punto de medición establecido respecto del Receptor sensible RS-30, el cual se emplaza a escasos metros de la Mina el Romeral, presumiblemente mas expuesto a acumular partículas de polvo y contaminación en las Torres de la línea cercanas a la Mina.

Asimismo, es preciso añadir que la medida de lavado de aisladores se ha venido ejecutando durante los últimos meses, por orden del Primer Tribunal Ambiental, factores que, sumados, permitirían explicar el hecho de que, los resultados de las mediciones efectuadas por el ETFA dan cuenta que, en este primer monitoreo Trimestral, ordenado por el Tribunal, para un Universo de **107** receptores sensibles, medidos en época del año de mayores concentraciones de contaminación y humedad, que inciden directamente en aumentar la generación del efecto corona, **sólo la medición de 1 receptor** sensible, arroja una superación normativa, a saber, el del Receptor sensible RS-30, con las particularidades de su área de emplazamiento, recién mencionada.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

El trabajo consistirá en primer lugar, en determinar, a partir de los resultados de los monitoreos trimestrales, en qué sitios se deberá ejecutar el lavado con agua desmineralizada. Luego, se deberá revisar si existen caminos de acceso, o no, para definir si la ejecución de la medida requerirá el uso de camiones o de helicópteros, dependiendo de cada caso en particular, y priorizando la vía terrestre. Definido lo anterior, y en el marco del programa de mantenimiento semestral, se tramitarán los permisos correspondientes con el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN).

---

[5] Ídem.

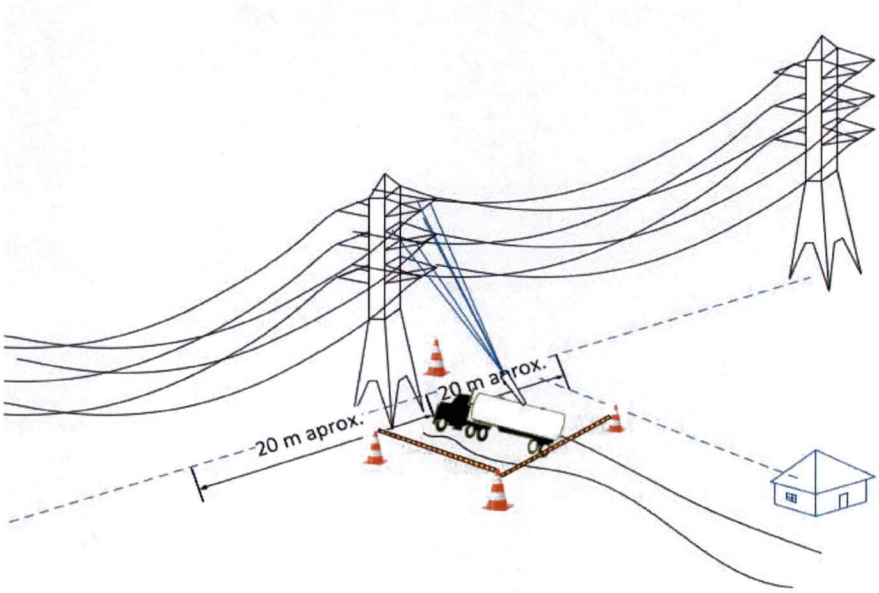
	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°1
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0001	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDA DE LAVADO DE AISLADORES

A continuación, se presenta, en términos generales, las etapas contempladas en el procedimiento asociado a la medida previamente descrita:

Descripción	Plazos tentativos
ACTIVIDADES PREVIAS A SU EJECUCIÓN	
Planificación semestral de actividades.	Seis meses de anticipación.
TrámiteSolicitud y solicitudtramitación de permisos al CEN.	Mensual.
Socialización con propietarios y comunidad – trámite permiso de ingreso.	15 días antes previo a la ejecución de la actividad de lavado
Mediciones de ruidos asociados a la línea, en receptores sensibles identificados en el área.	2 días antesprevio a la ejecución de la actividad de lavado.
EJECUCIÓN DE LA MEDIDA POR VÍA TERRESTRE	
Acceso al predio- y la torre (en caso terrestres)	1 jornada.
Reconocimiento y comprobación de que existan condiciones climáticas y de seguridad- adecuadas para proceder a ejecutar la medida.	
Ubicación Camión- cerramientodel camión; y Cerramiento y señalización del área, con conos y cinta reflectivareflectante.	
Realización deEjecución de la medida, a saber, lavado en con agua desmineralizada a los elementos de la Torre.	
RetiroElaboración de protocolo de salida y retiro de elementos de señalización y elaboración de protocolo de salida y entrega.	
Mediciones de ruidos asociados a la línea, en los mismos receptores ya medidos, de modo que permitan comparar ambos resultados para evaluar la efectividad de la medida.	
EJECUCIÓN DEL LAVADO CON HELICÓPTEROPOR VÍA AÉREA	
Acceso al predio- y la torre vía aérea en cuestión.	1 Jornada.
Reconocimiento y comprobación de que existan condiciones climáticas y de seguridad- adecuadas para proceder a ejecutar la medida. Coordinación con un auxiliar terrestre	
Realización deEjecución de la medida, a saber, lavado en con agua desmineralizada a los elementos de la Torre.	
Retiro de helicóptero- elaboraciónElaboración de protocolo de salida y entregaretiro del helicóptero.	
Mediciones de ruidos asociados a la línea, en los mismos receptores ya medidos, de modo que permitan comparar ambos resultados para evaluar la efectividad de la medida.	Máximo un día después del lavado,a la ejecución de la medida; y según planel Plan de mediciones.

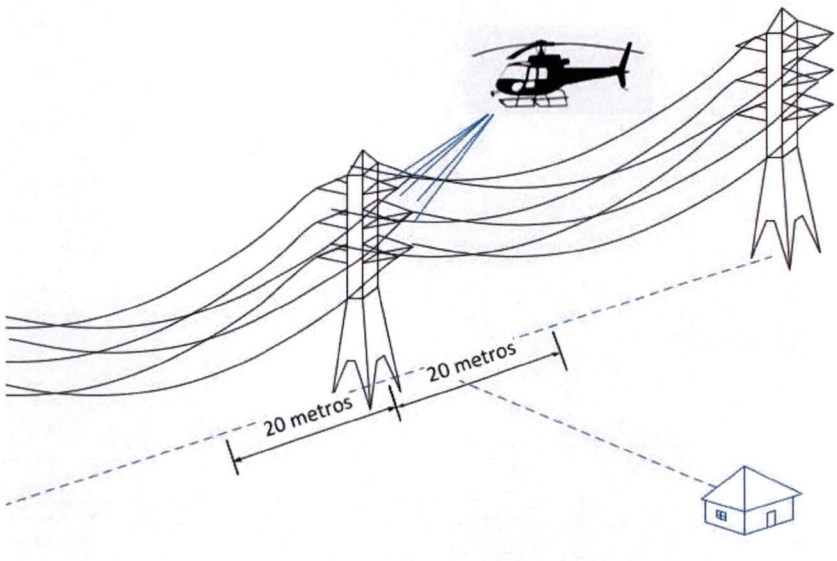
	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°1
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0001	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDA DE LAVADO DE AISLADORES

Figura N°1: Esquema de lavado con camión cisterna.



Fuente: elaboración propia.

Figura N°2: Esquema de lavado vía aérea



Fuente: elaboración propia.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°1
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0001	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDA DE LAVADO DE AISLADORES

VERIFICACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA MEDIDA:

La verificación de la efectividad de la medida se realizará comparando los resultados de las mediciones de ruido audible obtenidas antes y después de su ejecución, y también contrastándola con el resto de las mediciones trimestrales.

NIVELES DE MEJORA ESPERADOS:

Al realizar el lavado se esperan mejoras del orden de 1 a 2 dB(A) en el punto de medición definido para el receptor sensible. Sin embargo en pruebas empriricas realizadas hemos obtenido hasta 9 db(A) de reducción.

AFECTACIONES POTENCIALES:

El lavado se ejecutaría en los aisladores y conductores de las Torres cercanas a los receptores sensibles que lo requieran, priorizando el uso de camiones. Sólo en aquellos casos que no fuera posible acceder por tierra, se realizaría el lavado vía aérea, mediante helicópteros.

Durante la ejecución de los trabajos, es posible identificar las siguientes afectaciones potenciales:

Afectación	Descripción
Comunidades	Acceder mediante el uso de caminos de mantenimiento, para ejecutar la medida de lavado en las Torres que se definan, o acceder a través de helicópteros.
Sistema Eléctrico Nacional (SEN)	Mayor cantidad de mantenimientos programados y eventuales cortes de servicio.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°2
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0002	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

OBJETO:

Proponer una medida de homogeneización del campo eléctrico a ser implementada, eventualmente, en aquellos puntos de la Línea de Transmisión 2x500 kV Cardones-Polpaico, del proyecto aprobado mediante RCA N°1.608/2015, mediante la implementación de cadenas de anclaje y suspensión, con el propósito de disminuir la emisión de ruido audible en aquellos receptores sensibles ya identificados donde fuera necesario, en el marco de lo establecido en la norma de emisión de ruidos[1].

Su fundamentación técnica radica, en síntesis, en el presupuesto teórico de que una distribución más uniforme del campo eléctrico de la línea, junto con sus elementos de sujeción y fijación, permite disminuir la generación del 'efecto corona' y la consecuente generación de ruido audible. Luego, el agregar determinados elementos de sujeción que introduzcan **cambios en su geometría** permitiría reducir el campo eléctrico que se genera en torno al cable conductor.

Lo anterior se refiere, esencialmente, a la instalación de anillos equipotenciales en los herrajes de sujeción de aquellas torres que serán debidamente identificadas en la oportunidad correspondiente, a saber, una vez terminado el ciclo anual de 4 mediciones trimestrales ordenado por el Primer Tribunal Ambiental.

Sólo así, será posible contar con un levantamiento completo de información, a saber, teniendo a la vista los resultados de las mediciones, la identificación de los puntos que requieran intervención a la luz de lo establecido en el D.S. N°38/2011 y además, contrastado además con las particularidades geográficas de su entorno que pudieran incidir en la efectividad de la medida, para determinar en qué punto(s) de medición asociado a los receptores sensibles ya identificados, sería técnicamente eficaz, recomendable y oportuno implementar esta medida de mitigación.

INTRODUCCIÓN:

El "efecto corona" es un fenómeno de naturaleza estocástica, es decir, azarosa, que ocurre cuando el esfuerzo eléctrico sobre la superficie del conductor excede la rigidez dieléctrica del aire que lo rodea[2]. Afecta a todas las líneas de transmisión eléctrica y depende fundamentalmente de la intensidad de campo eléctrico aplicado al conjunto aislamiento, cable conductor, la geometría de los elementos sometidos a dicho campo eléctrico, el que es afectado en diferente medida por las condiciones de

[1] Decreto Supremo Nº38/2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que "*Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del Decreto Nº146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia*" (en adelante, D.S. Nº 38/2011).

[2] Cfr. Peek, F.W. Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering, Mc Graw- Hill Book Company Inc.: New York, NY, USA, 1929.

superficie del conductor, elementos de fijación, condiciones atmosféricas de humedad, presión atmosférica y temperatura propias de la zona de la instalación.

En la fase de construcción del Proyecto, específicamente en el montaje de la línea, los conductores acumulan polvo, suciedad y grasa, elementos que, al iniciar la fase de operación del proyecto, es decir, al energizar la línea, entran en contacto directo con el campo eléctrico, generando el "efecto corona" que percibimos como ruido audible[3].

Asimismo, es muy relevante destacar que, desde que la línea entra en funcionamiento, es decir comienza a transmitir energía eléctrica (inicio de la Fase de operación) su haz de cables se va ajustando mecánicamente con el transcurso del tiempo, debido a las sucesivas dilataciones y contracciones de los materiales, principalmente producto de las variaciones de temperatura ambiente que se producen entre el día y la noche. De este modo, su funcionamiento permite que el efecto corona vaya disminuyendo naturalmente con el transcurso del tiempo. Mas aún, el fenómeno de 'envejecimiento del cable' ha sido bastante estudiado y demostrado en la literatura científica[4], en implica que el transcurso del tiempo disminuya el ruido audible de la línea de transmisión, como consecuencia de sus mejoras de desempeño.

Sin perjuicio, persiste la posibilidad que, en determinados momentos, condiciones climáticas, principalmente nivel de humedad, condiciones geográficas, como la topografía u orografía de un sector específico, condiciones medioambientales y/o condiciones antrópicas, como la generación de material particulado sedimentable en el entorno, que se acumule sobre los conductores u otros elementos de la línea, incidiendo en la generación del efecto corona, de modo que los resultados de las mediciones de ruido podrían variar, en función de estos factores externos.

Los herrajes actuales con que ya cuenta la línea permiten generar una geometría que tiende a concentrar el campo eléctrico, pero eventualmente, en determinados sectores, también podrían ser mejorados, para acentuar su capacidad de concentrar el campo eléctrico, como se verá a continuación.

La literatura científica especializada[5] da cuenta de estudios previos de medición del espectro audible que permiten determinar la existencia de rangos de frecuencia claramente diferenciados.

Por tanto, para mejorar dicho fenómeno, se plantea la eventual implementación de anillos equipotenciales, en aquellos sectores donde se pueda proyectar que esta medida sería eficaz, para homogeneizar el campo eléctrico, reduciendo el *stress* sobre los elementos que concentran mayor nivel de campo, lo que, tal como ya se ha explicado, reduce la emisión de ruido a su entorno.

---

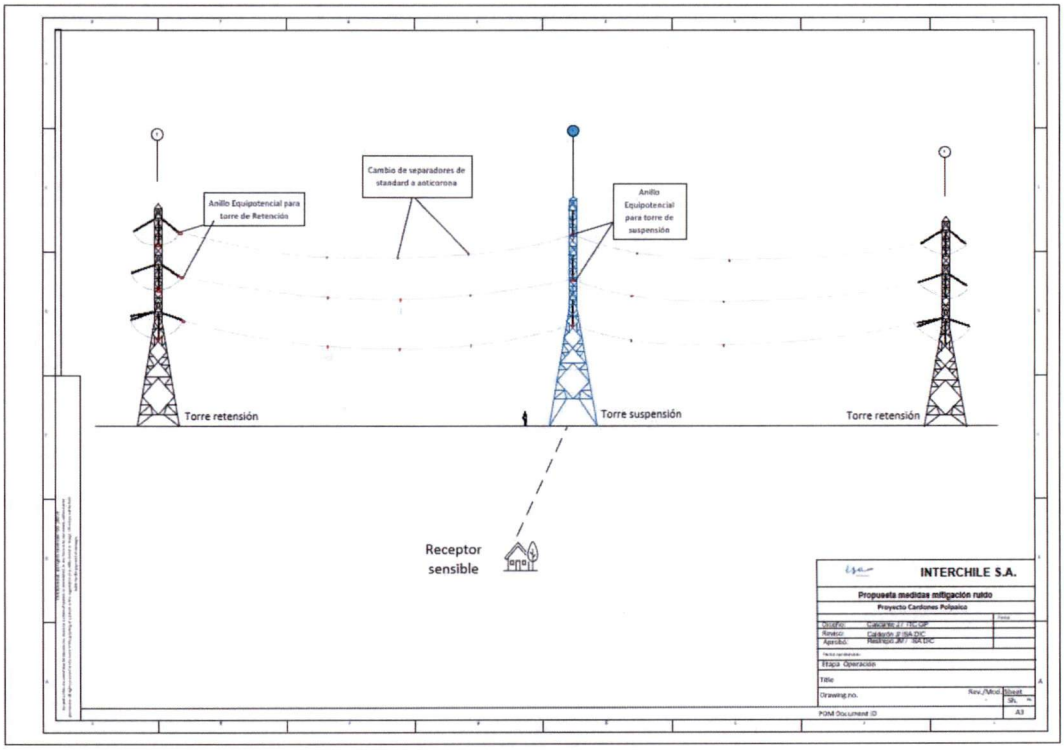
[3] J. Raninga, M. Walker, R. Urban, A. Lapthorn and S. Hardie, Audible Noise Management of Newly Reconductored Transmission Lines, Cigre Session N°48, Doc. B2-305, Paris 2020.

[4] Ídem.

[5] T- H. Teich, H.-J. Weber "Tonal Emission from high Voltage lines" Proc. XIV Int. conference on Gas Discharge GD, Liverpool," UK, vol.1, 2002, pp. 259 a 262.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°2
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0002	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

En definitiva, la implementación de medidas de homogeneización de campo eléctrico, tales como, instalación de anillos equipotenciales, permiten reducir -comprobadamente- el campo eléctrico en torno a la línea, disminuyendo el efecto corona y la generación de ruido audible[6]. Además, se ha detectado que las mayores emisiones de ruido provienen de los elementos (i) de soporte del cable y (ii) de aislamiento de la Torre.



Fuente: elaboración propia.

[6] Cfr. M.H. Abderrazzaq, A.M. Abu Jalgif, Chracterizing of corona rings applied to composite insulators. Electric Power System Research, Vol 95, February 2013, pp. 121 a 127.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°2
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0002	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El trabajo consistirá, en primer lugar, en determinar, los lugares que requieran la aplicación de esta medida de mitigación, en base a los resultados obtenidos en los 4 monitoreos trimestrales ordenados por el Primer Tribunal Ambiental y a la revisión de las características de las Torres y sus componentes, para así definir *ex ante*, en qué sitios la intervención de cambios en la geometría de sus elementos de sujeción y fijación permitirían reducir el ruido audible en aquellos receptores sensibles que den cuenta de una necesidad actual de ser ejecutado, en virtud de lo dispuesto en el D.S. N°38/2011.

En definitiva, el efecto corona depende de una suma de factores, que se verifican caso a caso para cada receptor sensible, de modo que, la propuesta de implementación de estas medidas de mitigación será diseñadas para cada caso en particular, de acuerdo a sus características propias. En esta línea es relevante agregar que, en teoría, la graduación de mejora en la geometría va desde la implementación de anillos equipotenciales, lo cual podría complementarse, en caso de ser necesario, con la instalación de separadores anti-corona.

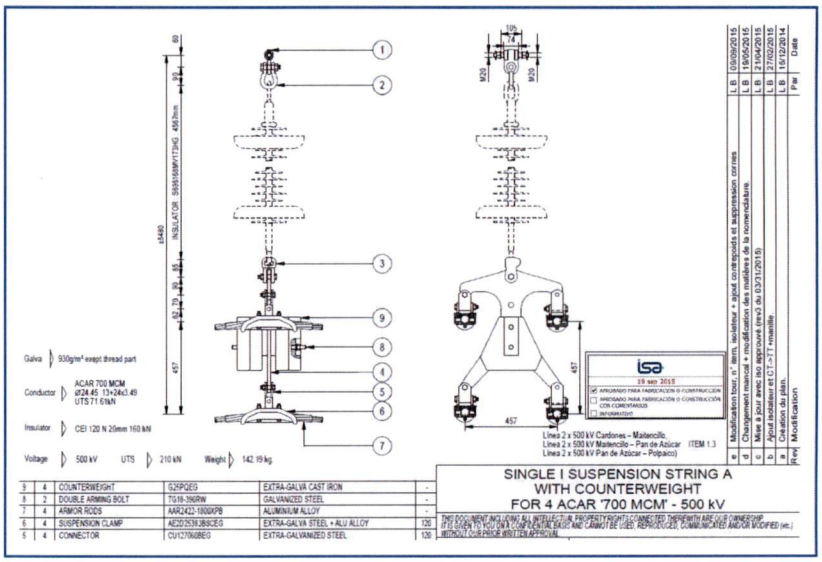
No obstante, resulta indispensable destacar que previo a su instalación, y en forma paralela, Interchile S.A. estará investigando nuevos diseños, simulaciones en condiciones de laboratorio con los fabricantes y pruebas reales de campo para calibrar su efectividad.

A manera de referencia, a continuación, se presentan figuras de medidas actualmente instaladas con éxito, tanto en Chile (subestaciones del proyecto Cardones Polpaico), como en Perú, las que podrían ser aplicadas en aquellas instalaciones (Torres y/o conductores, según lo antes dicho), a partir de los resultados de las mediciones, la identificación de receptores sensibles con sobrepaso normativo y el análisis de la situación particular de cada uno.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°2
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0002	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

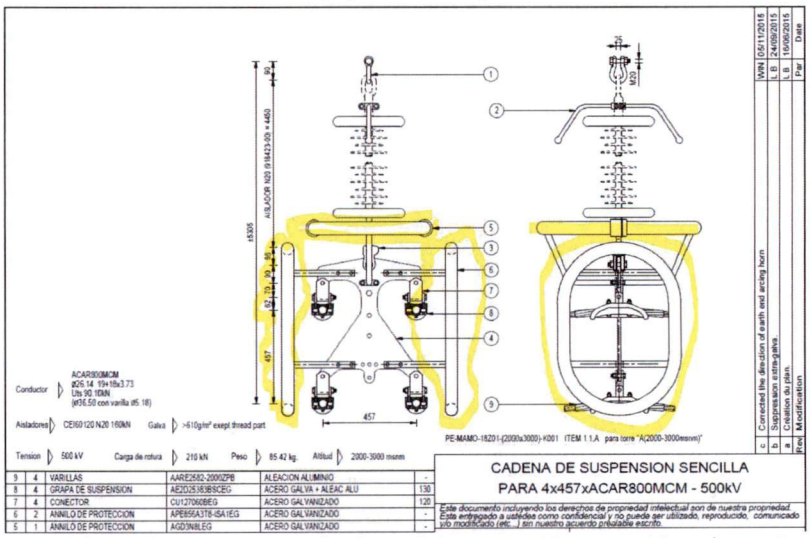
a) Cadenas de suspensión:

Figura 1: Situación actual_Cadenas de suspensión sin anillo equipotencial



Fuente: Carpetas TOP – proyecto Cardones Polpaico 500 KV, 2016.

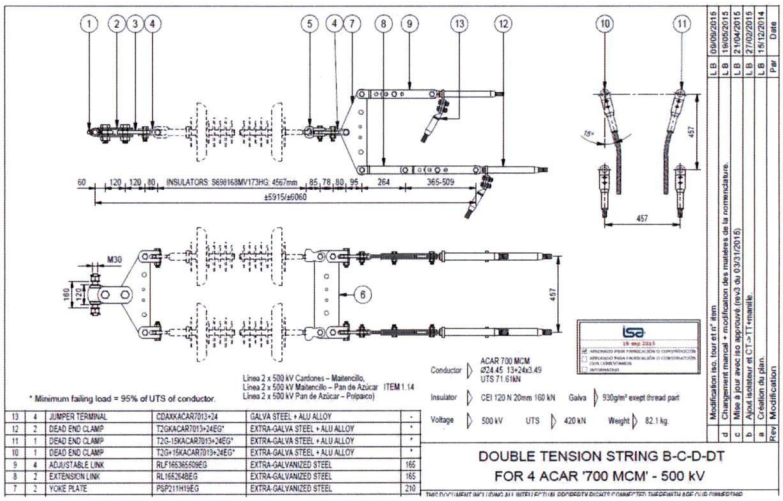
Figura 2: Situación propuesta cadenas de suspensión con anillos equipotenciales ya instalados



Fuente: Elaboración propia a partir de planos del proyecto Mantaro – Montalvo en Perú.

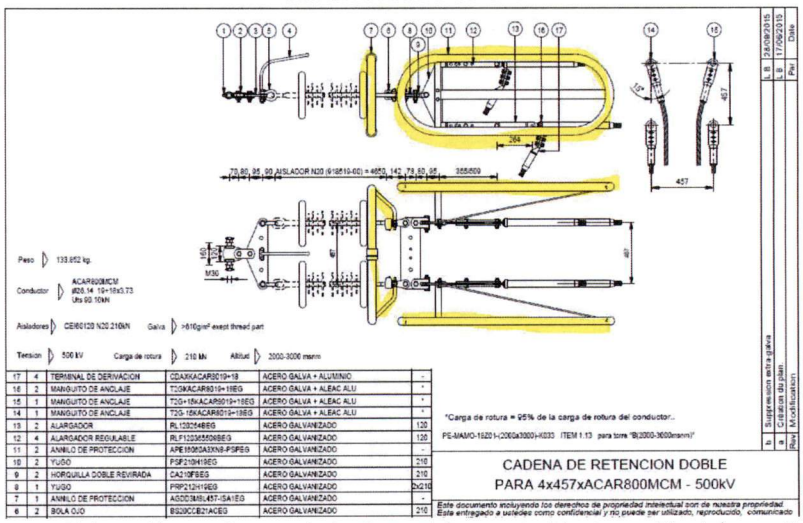
b) Cadenas de retención

Figura 3: Situación actual: cadena de retención sin anillos anti-corona



Fuente: Carpetas TOP – proyecto Cardones Polpaico 500 KV, 2016.

Figura 4: Situación propuesta: cadena de retención con anillos anti-corona



Fuente: Elaboración propia a partir de planos del proyecto Mantaro – Montalvo en Perú.

	GERENCIA DE PROYECTOS	FICHA N°2
isa INTERCHILE	ID FICHA: M0002	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO

La implementación de las medidas posee una etapa de actividades previas de pruebas de laboratorio, modelamientos, adquisición de los componentes y obtención de permisos del CEN para la instalación (salida temporal de servicio). Este proceso previo completo se estima tomaría unos 12 meses.

La instalación propiamente tal, dependiendo de las circunstancias de cada caso específico en el cual se inserta cada receptor sensible relacionado, puede tomar aproximadamente una jornada de trabajo.

VERIFICACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA MEDIDA:

La verificación de la efectividad de la medida se realizará mediante mediciones por ETFA por un periodo de cuatro rondas trimestrales que arrojen como resultado el cumplimiento diurno-nocturno para cada receptor asociado a la implementación de medidas (medidas aplicadas sobre aquellos que mostraron sobrepaso normativo en la ronda de cuatro mediciones trimestrales ordenada por el Primer Tribunal Ambiental).