

**EVALUAR LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA  
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, DRENADOR DE SOBRETENSIONES POR  
DISPERSIÓN (DSD), EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN BARBOSA-CIMITARRA,  
115 KV DEL STR DE ESSA ESP**

**Ing. EDGAR RAMÍREZ BARRERA  
Ing. HENRY DÍAZ PARADA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA  
BUCARAMANGA  
2015**

**EVALUAR LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA  
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, DRENADOR DE SOBRETENSIONES POR  
DISPERSIÓN (DSD), EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN BARBOSA-CIMITARRA,  
115 kV DEL STR DE ESSA ESP.**

**Ing. EDGAR RAMÍREZ BARRERA**

**Ing. HENRY DÍAZ PARADA**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica**

**Director**

**Ing. JULIO CÉSAR CHACÓN VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA  
BUCARAMANGA  
2015**

## DEDICATORIAS

Al Dios trino, a Luisa Fernanda, Daniela, Juliana y Ramiro.

A mi familia, hijos y a mis padres

A la ESSA y los compañeros y amigos con los cuales compartí esta especialización.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Dios todopoderoso por permitir finalizar ésta fase de mi vida profesional.

Mi esposa por su apoyo incondicional.

Mi madre y mis hermanos por ser modelos de superación.

ESSA por la confianza depositada en mí.

Al personal administrativo y docente de la facultad.

Todos y cada uno de los compañeros que compartimos éste ciclo.

Todos ustedes, muchas gracias de todo corazón.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. DRENADOR DE SOBRETENSIONES POR DISPERSIÓN (DSD)	17
1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
1.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DSD.	19
1.3 REFERENCIAS Y EXPERIENCIAS	22
1.4 PRESUPUESTO	23
2. LÍNEA 312, BARBOSA-CIMITARRA 115 kV	24
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA CON CÓDIGO 312, ACTIVO DEL STR DE ESSA, BARBOSA-CIMITARRA	24
2.2 CARACTERIZACIÓN ACTUAL	25
2.3 ANÁLISIS DE DATOS CDC Y PROTECCIONES	28
2.4 RECOMENDACIONES	30
2.4.1 Modelo planteado	31
3. PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DEL DSD	35
3.1 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN	35
3.1.1 Metodología desarrollada para el estudio	35
3.1.2 Parte 1	36
3.1.3 Parte 2	38
3.1.4 Parte 3	43
3.2 SECUENCIA DE PASOS PARA LA INSTALACIÓN	46
3.2.1 Descripción de la parte activa del DSD	46
3.2.2 Descripción de la parte pasiva del DSD	49
3.3 INSTALACIÓN DEL DSD	49
3.4 OBSERVACIONES	51
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Presupuesto del DSD	23
Tabla 2. Mejoramiento SPT, intervalo uno, Línea Barbosa-Cimitarra	40
Tabla 3. Mejoramiento SPT, intervalo dos, Línea Barbosa-Cimitarra	40
Tabla 4. Mejoramiento SPT, intervalo tres, Línea Barbosa-Cimitarra	41
Tabla 5. Relación de costos finales para la instalación del DSD	52

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Curva de demanda diaria, línea 312, Barbosa-Cimitarra	25
Gráfico 2. Comparativo entre eventos de las líneas de STR de ESSA	29
Gráfico 3. Intervalo 1, torres 38 a 53. Sector vereda La Héliida, vano promedio 285 metros	36
Gráfico 4. Intervalo 2, torres 76 a 109, sector Landázuri, vano promedio 540 metros	37
Gráfico 5. Intervalo 3, torres 120 a 140, sector Cimitarra, vano promedio 350 metros	38

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Descarga atmosférica, Torre Eiffel, Paris, Francia.	17
Figura 2. Proceso paso a paso de una descarga atmosférica	18
Figura 3. Principio de funcionamiento parte activa del Drenador de Sobretensiones por Dispersión	19
Figura 4. Diagrama de una descarga en un sistema de transmisión	20
Figura 5. Partes del módulo activo del Drenador de Sobretensiones por Dispersión	21
Figura 6. Funcionamiento parte pasiva del Drenador de Sobretensiones por Dispersión	22
Figura 7. Estructura tipo 1 X 1 1 (115 kV, Retención, un circuito, un conductor por fase) en celosía, para suspensión son tipo1 A 1 1	24
Figura 8. Método Charles, para torre coplanar horizontal y torres tipo 1 A 11,1 X 11	26
Figura 9. Método Wagner-Mac Cann, torre coplanar horizontal y torres tipo 1 A 11 y 1 X 11	27
Figura 10. Método Electrogeométrico, torre coplanar vertical y torres tipo 1 A 11 y 1 X 11	27
Figura 11. Diagrama de flujo para la información del ET Mantenimiento de Líneas.	31
Figura 12. Modelo reporte de eventos CDC	35
Figura 13. Diagrama de Flujo de la metodología aplicada	35
Figura 14. Observaciones de la distribución global de rayos en Colombia. 1995/2003	43
Figura 15. Distribución de la intensidad de corriente por el impacto de una rayo sobre la torre, circuito equivalente y porcentaje de drenaje del evento	44
Figura 16. Distribución de la intensidad de corriente por el impacto de una rayo sobre la torre, circuito equivalente y porcentaje de drenaje del evento	45

Figura 17. Armado del DSD, aislador, varilla y filtros	48
Figura 18. Instalación electrodo capacitivo, detalle lámina de cobre, Hidrosolta	49
Figura 19. DSD instalado en torre coplanar horizontal	51

## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUAR LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, DRENADOR DE SOBRETENSIONES POR DISPERSIÓN (DSD), EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 312-BARBOSA-CIMITARRA, 115 kV DEL STR DE ESSA ESP<sup>\*</sup>

**AUTORES:** INGENIERO HENRY DÍAZ PARADA  
INGENIERO EDGAR RAMÍREZ BARRERA<sup>\*\*</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Drenador de sobretensiones por dispersión, descargas atmosféricas, sistema de transmisión regional, salidas forzadas, confiabilidad.

La responsabilidad de mantener en el mayor grado de confiabilidad los activos del sistema de transmisión de ESSA, los cuales permiten dar una prestación del servicio de alta calidad y confiabilidad en el STR exige aplicar la tecnología de la cual se dispone actualmente para integrarla al sistema y en concordancia con los lineamientos de casa matriz cumplir con tal fin. El Drenador de sobretensiones por dispersión es un dispositivo para protección contra descargas y sobretensiones que aporta a la reducción de salidas forzadas de las líneas de transmisión de energía eléctrica, por tal razón, con la evaluación para su instalación se pretende dar elementos de juicio tendientes a decidir sobre su integración al sistema de transmisión regional STR y lograr la reducción del índice de salidas por descargas atmosféricas que tiene la línea 312, Barbosa-Cimitarra 115 kV, objeto de este trabajo. Además poder optimizar recursos con la disminución de los eventos que se puedan presentar por las descargas atmosféricas, tormentas eléctricas en la línea Barbosa Cimitarra y que se ve reflejado en la disminución de las compensaciones, demanda no atendida, y el mejoramiento de la calidad y confiabilidad del servicio prestado a los usuarios finales quienes son los que en últimas sufren las consecuencias de estos eventos. Se ubicaron tres sitios estratégicos que fueron analizados de acuerdo a las estadísticas e información que se tiene en los archivos de la empresa, para realizar esta prueba, objeto del presente proyecto, el cual será aplicado en las líneas del STR de la empresa.

---

<sup>\*</sup> Trabajo de grado

<sup>\*\*</sup> Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ing. Julio Cesar Chacón Velasco.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATE THE INSTALLATION OF LIGHTNING PROTECTION, drain SURGE FOR RELEASE (DSD), IN THE TRANSMISSION LINE-BARBOSA-CIMITARRA 312, 115 kV OF STR DE ESSA ESP.

**AUTHORS:** INGENIERO HENRY DÍAZ PARADA  
INGENIERO EDGAR RAMÍREZ BARRERA\*\*

**KEYWORDS:** Drain surge dispersion, lightning, regional transmission system, forced outputs, reliability.

The responsibility for maintaining the highest degree of reliability the assets of the transmission system ESSA, which allow to the provision of high quality service and reliability in the STR requires applying technology which is currently available to integrate the system and in accordance with the guidelines of parent fulfill this purpose. The drain surge dispersion is a device for protection against shock and surges that contributes to the reduction of forced outages of transmission lines of electricity, for that reason, the evaluation for installation is intended to give evidence tending to decide on their integration into regional transmission system and achieve the reduction STR index outputs lightning has 312 line, 115 kV Barbosa-Scimitar, object of this work. In addition to optimizing resources with the decline of the events that may occur by lightning, thunderstorms in Cimitarra Barbosa online and is reflected in the reduction of compensation, unmet demand, and improving the quality and reliability of the service to end users are the ones who ultimately suffer the consequences of such events. Three strategic sites that were analyzed according to the statistics and information that is on file with the company to perform this test, the subject of this project, which will be applied in the lines of STR Company were located.

---

\* Work degree.

\*\* Faculty of Engineering physicomechanical . School of Electrical Engineering , Electronics and Telecommunications . Director: Mr. Julio Cesar Chacon Velasco.

## INTRODUCCIÓN

En los OR (Operadores de Red), lograr el mejoramiento de la prestación del servicio de energía eléctrica es un constante reto, ya que, los lineamientos regulatorios al respecto exigen cumplir con unos estándares mínimos para que no haya consecuencias como compensaciones y penalizaciones a los activos, además de otras, las que pueden reflejar una gestión inadecuada en AOM (Administración, Operación y Mantenimiento) de los mismos.

Tomando en cuenta la necesidad en 2013, ESSA dentro de los activos de STR cuenta con una línea que en los informes de operación del Centro de Control, área de operación y calidad, tuvo un alto índice de salidas de servicio, la línea 312, Barbosa-Cimitarra 115 kV.

Como consecuencia de la búsqueda constante por elevar la calidad en la prestación del servicio y dar una estrategia alternativa en las buenas prácticas operacionales de mantenimiento para la Subgerencia de Subestaciones y Líneas, en 2013 al inicio de la especialización y como trabajo de monografía se presentó la propuesta de instalación del DSD (Drenador de Sobrecargas por Dispersión) para la línea en mención, teniendo en cuenta los aspectos más relevantes para que la línea soporte tal instalación y se obtengan los resultados que ESSA requiere.

Este documento pretende dar una metodología que se pueda aplicar a la línea objeto de estudio, obtener resultados que se puedan replicar en cada línea del STR y poder escalarlo a otros niveles de tensión.

## 1. DRENADOR DE SOBRETENSIONES POR DISPERSIÓN (DSD)

### 1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Las descargas atmosféricas son fenómenos naturales, además de impredecibles, muy destructivas e incontrolables y se ocasionan por la acumulación de carga eléctrica en las nubes.

Figura 1. Descarga atmosférica, Torre Eiffel, Paris, Francia.



Fuente: Presentación, Ingeniero Ángel Reyna, Asociación Electrotécnica Argentina.

“La Descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, al interior de una nube o de la nube hacia la ionosfera.”<sup>1</sup>

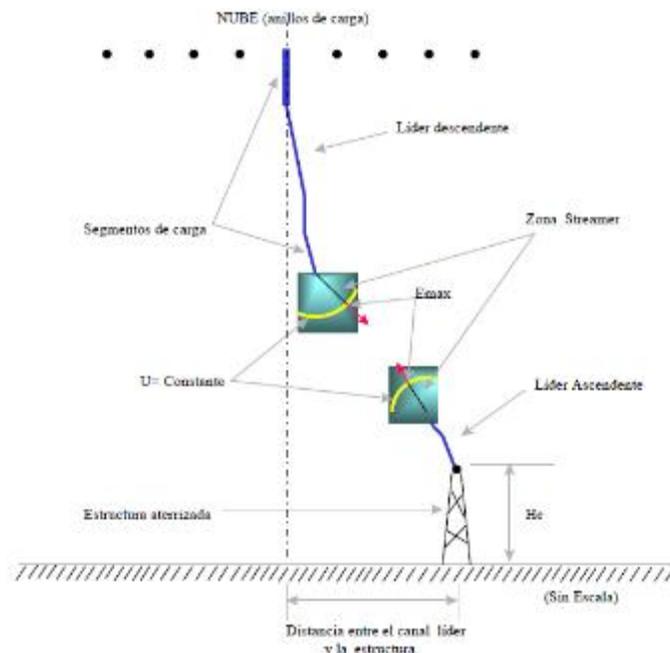
---

<sup>1</sup> ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-4552-2. Bogotá, D.C., 2008.

Se han realizado muchos estudios acerca del comportamiento de las descargas atmosféricas, de formación y componentes, en adelante el interés se centrará en las descargas nube-tierra( las descargas nube-tierra tienen una ocurrencia del 80 % en nuestras región.) más comunes en la región tropical donde se halla geográficamente la región estudiada.

Los resultados de algunos de ellos arrojan datos de ocurrencia, naturaleza física y actualmente el diseño de equipos que permiten reducir su ocurrencia y disipar sus devastadores efectos, pero el final en común de todos ellos, ha sido una mejor comprensión del fenómeno, para plantear que las interrupciones por impactos en equipos, instalaciones y en líneas eléctricas de las descargas atmosféricas, se puedan disminuir a niveles aceptables

Figura 2. Proceso paso a paso de una descarga atmosférica



Fuente: NTC 4552, 2004.

Por lo tanto, luego de la revisión de algunos dispositivos en el mercado nacional para optimizar las buenas prácticas operacionales en el mantenimiento de líneas

de transmisión, se tomaron como referencia, los realizados por el ingeniero Humberto Arenas, en cuanto a la búsqueda de mejores sistemas de protección con alta eficacia; sus estudios concluyeron que la mejor manera de protegerse de una descarga atmosférica es evitando que ocurra, esto según la referencia, se puede lograr drenando permanentemente la carga eléctrica de la nube mediante el Drenador de Sobretensiones por Dispersión (DSD).

Su función principal la cumple creando un punto de referencia para la nube, diferente a la tierra y generando así una zona de protección.

Figura 3. Principio de funcionamiento parte activa del Drenador de Sobretensiones por Dispersión



Fuente: Hidrocol, Ingeniero Humberto Arenas.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DSD.

Se planteará un enunciado que se debe tener en cuenta respecto de las descargas atmosféricas y es: “La ocurrencia de fallas por impacto en las líneas de las descargas atmosféricas difícilmente pueden ser eliminadas, pero sí pueden minimizarse sus efectos”; como consecuencia se tiene este estudio, para la línea 312.

El Drenador de Sobretensiones por Dispersión es un mecanismo diseñado de forma tal que selecciona el ancho de banda de la energía destructiva, proveniente de una descarga atmosférica o de una sobretensión en la red, dirigiéndola a tierra, evitando así daños en los equipos y protegiendo la vida humana.

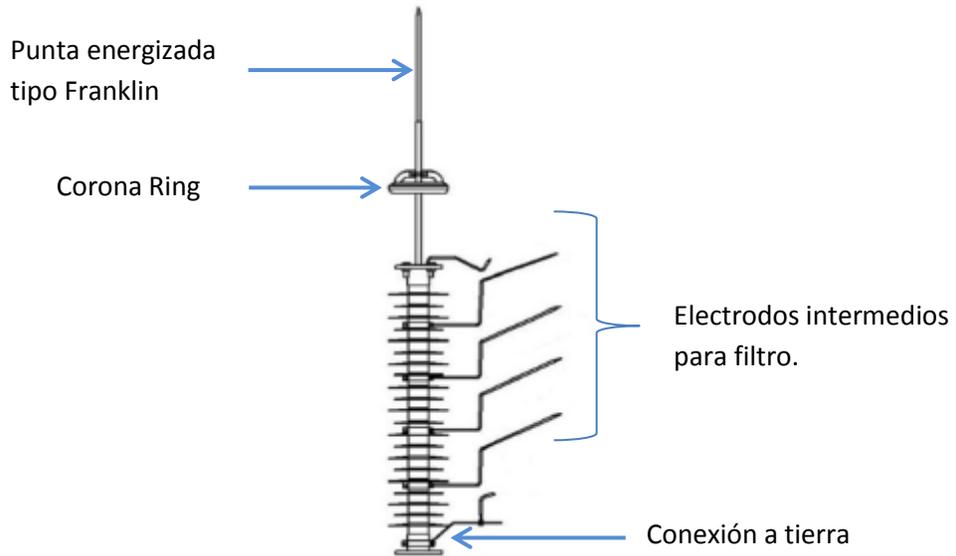
Figura 4. Diagrama de una descarga en un sistema de transmisión



Fuente: Hidrocol, Ingeniero Humberto Arenas.

Es un dispositivo diseñado y construido por el ingeniero Humberto Arenas, distribuido por Silda de Colombia, compuesto por una parte activa para protección y dominio de sobretensiones transitorias así como también de descargas atmosféricas, conformada por un circuito híbrido R-C que aprovecha las características aislantes del aire y el efecto apantallador de una punta energizada tipo Franklin, con electrodos adecuadamente espaciados teniendo en cuenta la altura con respecto al mar del lugar donde ha de ser instalado.

Figura 5. Partes del módulo activo del Drenador de Sobretensiones por Dispersión



Fuente: Hidrocol, Ingeniero Humberto Arenas.

La parte pasiva del dispositivo se compone de un sistema de puesta a tierra capacitivo que permite por su concepción híbrida, la efectividad de la hidrosolta; su funcionamiento se evidencia por el electrodo de puesta a tierra que da una mayor superficie de contacto eléctrico con la hidrosolta y por lo tanto con el sistema de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra ubicado dentro de un foso con la hidrosolta, representa una de las placas del capacitor almacenador de energía transitoria, la otra placa la conforma el terreno circundante y así drena la energía transitoria acumulada en el capacitor.

Figura 6. Funcionamiento parte pasiva del Drenador de Sobretensiones por Dispersión



Fuente: Hidrocol, Ingeniero Humberto Arenas.

### 1.3 REFERENCIAS Y EXPERIENCIAS

La determinación de usar éste dispositivo como objeto complementario de la aplicación de la metodología, fueron los importantes avances en el desarrollo tecnológico que ha alcanzado la firma Hidrocol.

Los DSD han sido instalados en otras áreas del país, como para el OR CODENSA en Cundinamarca, sobre la línea Cáqueza-Reforma 115 kV, con resultados muy positivos en la reducción de salidas forzadas por descargas atmosféricas; así como también en las líneas Guavio-Mambita, Mambita-Santa María, Termostipa-Sesquilé, Usaquen-La Calera, Victoria-Cáqueza, Bacatá-El Sol y Subestación Mosquera, en nivel de tensión 115 kV.

También se han reportado excelentes resultados en la Subestación San Mateo del OR CENS, Centrales Eléctricas de Norte de Santander.

## 1.4 PRESUPUESTO

A continuación se da el presupuesto que la fábrica del dispositivo tiene para el suministro del mismo, dado el caso que ESSA determine luego de observar los resultados del estudio, iniciar el proceso de compra para su instalación en la línea. Se debe tener en cuenta que los procesos de compra en ESSA requieren de valoración por parte de los subgerentes de área, para su aprobación y puesta en marcha.

Tabla 1. Presupuesto del DSD

<b>SISTEMA DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DSD</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	<b>VR. TOTAL</b>
1	Suministro de Drenador de Sobretensiones por Dispersión para 115 kV	UND	1	\$8.000.000	
2	Suministro de sistema de puesta a tierra para DSD con pozo capacitivo de 810 kgm	UND	1	\$4.255.950	
	<b>TOTAL ANTES DE IVA</b>			\$12.255.950	\$12.255.950
	<b>IVA 16%</b>				\$1.960.952
	<b>TOTAL</b>				\$14.216.902

## 2. LÍNEA 312, BARBOSA-CIMITARRA 115 kV

### 2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA CON CÓDIGO 312, ACTIVO DEL STR DE ESSA, BARBOSA-CIMITARRA

La línea fue construida por ESSA en convenio con el ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica) durante 1981 y puesta en servicio en 1982, tiene una longitud total de 60,97 kilómetros, con 147 estructuras en celosía de una altura promedio de 25 metros.

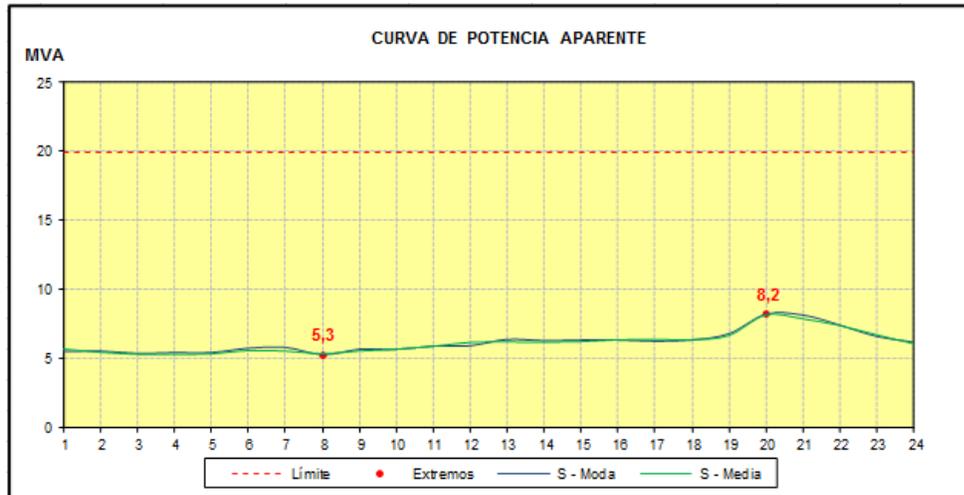
Figura 7. Estructura tipo 1 X 1 1 (115 kV, Retención, un circuito, un conductor por fase) en celosía, para suspensión son tipo 1 A 1 1



Fuente: Los Autores

El conductor utilizado para atender la demanda del centro de consumo fue 397,5 ACSR, con capacidad de corriente de 595 amperios. La demanda atendida en el municipio de Cimitarra se muestra en la siguiente gráfica en forma global.

Gráfico 1. Curva de demanda diaria, línea 312, Barbosa-Cimitarra



Fuente: Centro de Control, ESSA.

Los vanos promedios son de 400 metros y atraviesa varias zonas con vegetación nativa en los municipios de Barbosa, Vélez, Alto Jordán, Landázuri y Cimitarra, en cercanías de la vía conocida como la troncal del Carare.

Dentro de las actividades de mantenimiento ejecutadas por el ET mantenimiento de Líneas de ESSA se tienen:

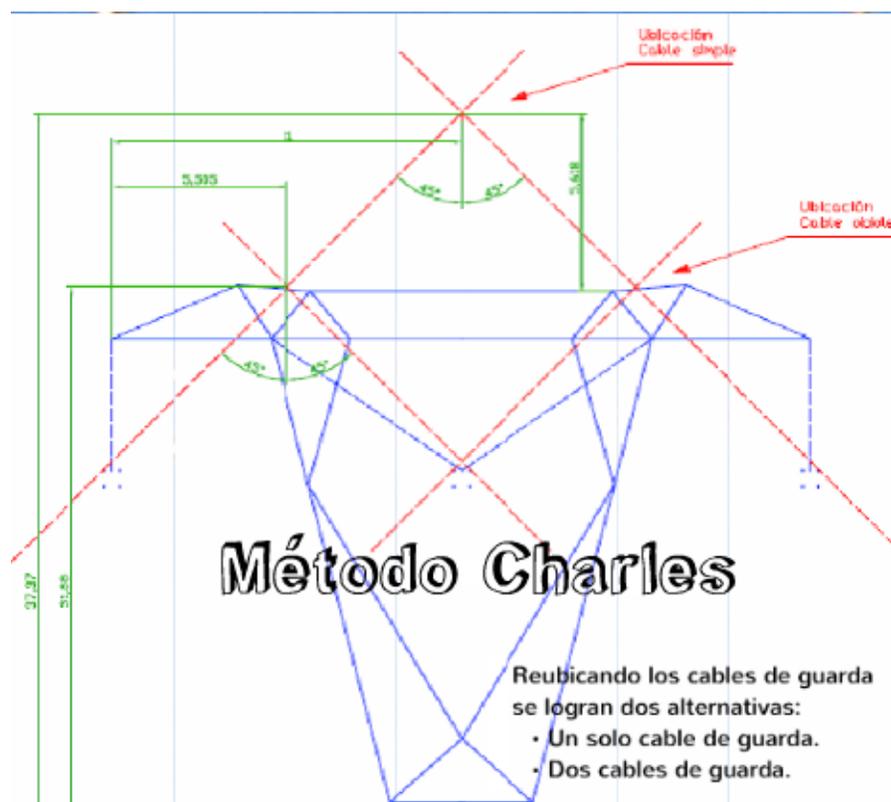
- Podas al corredor de la línea
- Instalación de compensaciones al SPT (Se incluye trabajo de campo para el análisis del capítulo 3)
- Cambio de aisladores
- Instalación de DPS de línea
- Topología, anexar gráfica del plano de la línea

## 2.2 CARACTERIZACIÓN ACTUAL

Se encuentra que luego de que se propusiera por parte de los autores la ejecución de unas mediciones aleatorias en las torres de la línea, las cuales realizó el

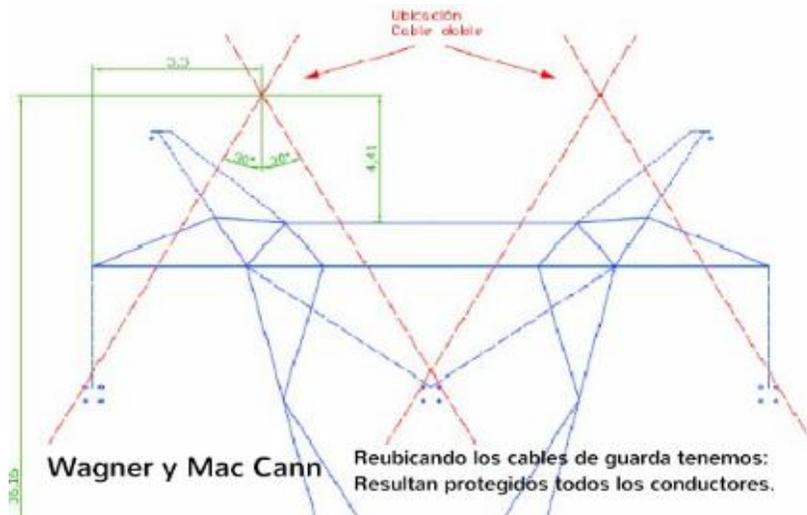
Equipo de Trabajo Mantenimiento de Líneas, se pudo constatar que existe un error en la ubicación del cable de guarda, ya que no coinciden con ninguno de los métodos existentes( porque los ángulos obtenidos en la medición son diferentes de los métodos expuestos), Charles, Wagner-Mac Cann y Electrogeométrico, por lo que las descargas atmosféricas pueden burlar el blindaje instalado y producir salidas forzadas más fácilmente, y seguidamente se describe en las figuras 8, 9 y 10, su desarrollo geométrico.

Figura 8. Método Charles, para torre coplanar horizontal y torres tipo 1 A 11,1 X 11



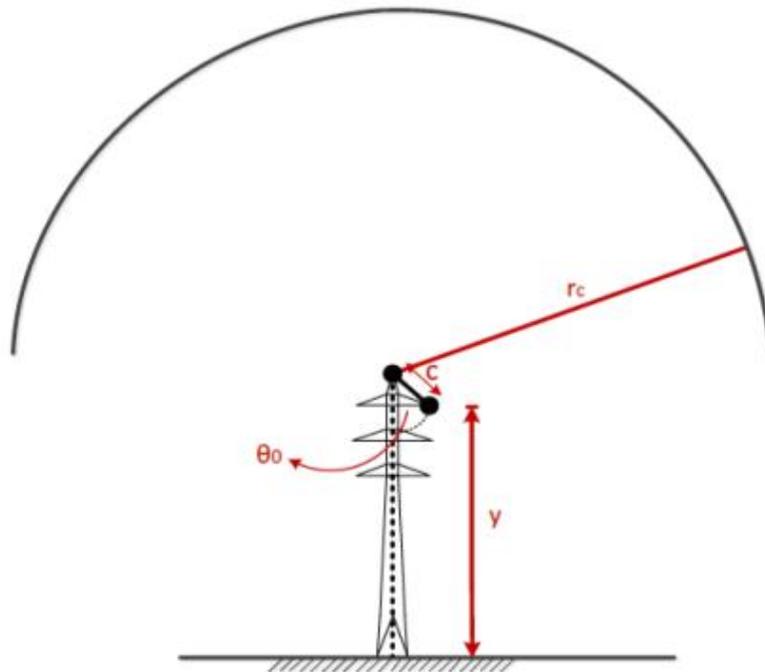
Fuente: Miguel Montilla, Apantallamiento líneas de transmisión.

Figura 9. Método Wagner-Mac Cann, torre coplanar horizontal y torres tipo 1 A 11 y 1 X 11



Fuente: Miguel Montilla, Apantallamiento líneas de transmisión.

Figura 10. Método Electrogeométrico, torre coplanar vertical y torres tipo 1 A 11 y 1 X 11



Fuente: Líneas de Alta tensión: planeación, diseño y construcción. Kiessling, Nolasco, Kainzig, 2002

Se realizaron mediciones del Sistema de Puesta a Tierra, (SPT) en varias estructuras y se evidenció que no tienen los valores apropiados, al tiempo que se revisó el estado de los aisladores existentes, los cuales estaban en algunos sectores en mal estado y se recomendó realizar un plan de cambio para garantizar el Basic Insulator Level, nivel básico de aislamiento,(BIL) requerido.

Se realizó un barrido de la línea en algunos sectores y en las subestaciones, con termografías en las estructuras con conectores para verificar puntos calientes y se está esperando el resultado de los mismos, para hacer la respectiva planeación de las actividades.

### **2.3 ANÁLISIS DE DATOS CDC Y PROTECCIONES**

El equipo de Protecciones de ESSA ha calibrado el esquema de protecciones de manera tal que cumple con lo establecido en la regulación y funciona de manera esperada, respondiendo a los eventos que se han presentado.

Así, cuando ocurre un evento sobre la línea, el CDC recibe la información por parte de los operadores y en la sala de control se ven reflejados los eventos ocurridos, se realiza el respectivo reporte al ET de Mantenimiento de Líneas para la búsqueda de la causa, a través de un análisis causa raíz; se envía la información a los profesionales encargados para planear las actividades a ejecutar si se requieren; con el tiempo el equipo de protecciones adquiere la información de los relés de la subestación y se establecen valores reales de los eventos, como corrientes y distancias, necesarias para hallar la ubicación probable y los efectos del evento, en éste caso, una descarga atmosférica.

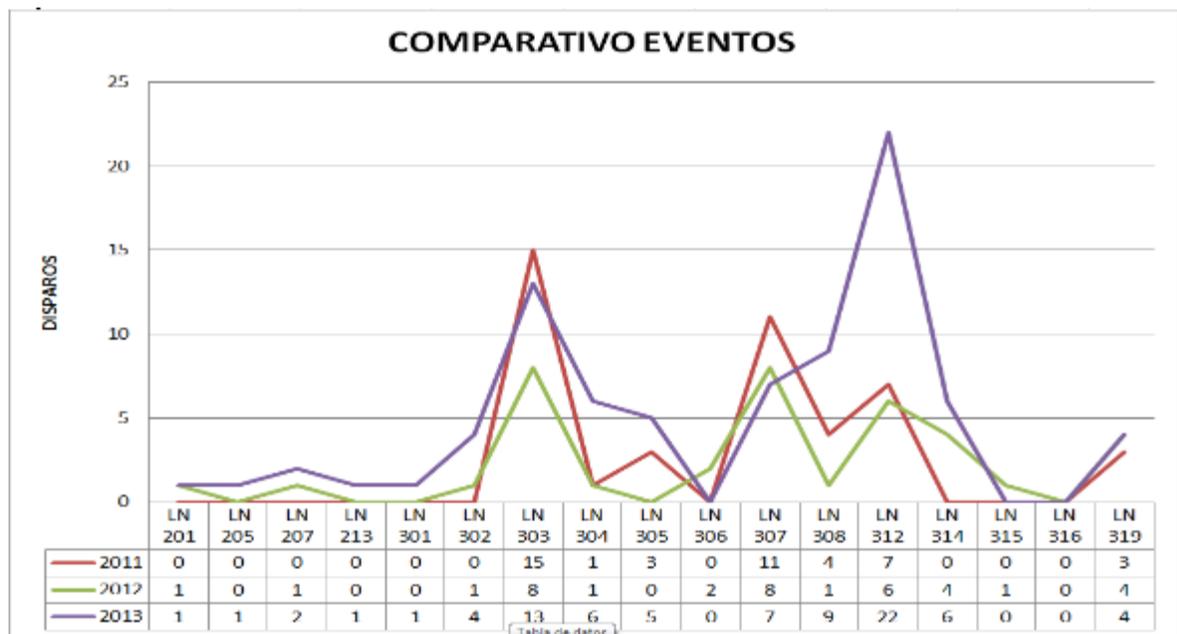
La inquietud surgió por los altos índices de disparos de la línea 312 durante 2013, así que se inició con la recopilación de la información de años anteriores, tanto del equipo del CDC como de protecciones.

Se ordenó por secuencia desde 2010 y 2011 aproximadamente hasta 2013, aunque en algunos casos por traslado de los equipos de cómputo donde se guardaba la información, algunos informes quedaron sin incluirse.

Ya que también, algunos de los relés de protecciones tenían algún pendiente de mantenimiento, en ocasiones las lecturas no fueron adquiridas y se omitieron en los reportes, lo que obligó a ajustar los eventos por años y dar comienzo a la comparación de los eventos a lo largo de éstos períodos de tiempo.

Se obtuvo en primer lugar el siguiente resultado con base en la información recolectada.

Gráfico 2. Comparativo entre eventos de las líneas de STR de ESSA



Fuente: Los autores

Como puede apreciarse, la línea 312 presentó un aumento considerable de las salidas por descargas atmosféricas, que casi llegó a duplicar las salidas de las otras líneas en ese mismo año.

Por tal razón, se creó la necesidad de atender lo más pronto éste activo con buenas prácticas operacionales, tendientes a reducir ese hallazgo.

Luego de ejecutar actividades como cambio de aislamiento, instalación de DPS y mejoramiento del SPT, se plantea la propuesta de hallar en el mercado un equipo que integrado a las anteriores actividades aportara optimización y se hallaron los estudios del ingeniero Humberto Arenas con el DSD, se elevó la petición a la administración y se recibió ~~en~~ el beneplácito para su implementación.

De ahí partió la búsqueda de la comprensión del funcionamiento del DSD, de evaluar el estado de la línea 312 y de cómo diseñar una metodología para su instalación, que logre minimizar los efectos que se ven en los índices que son entregados a los entes regulatorios y por los cuales ESSA ha tenido que ser penalizada en la ventana de mantenimiento, compensar usuarios y dejar de recibir cargos por uso de la línea objeto de estudio.

## **2.4 RECOMENDACIONES**

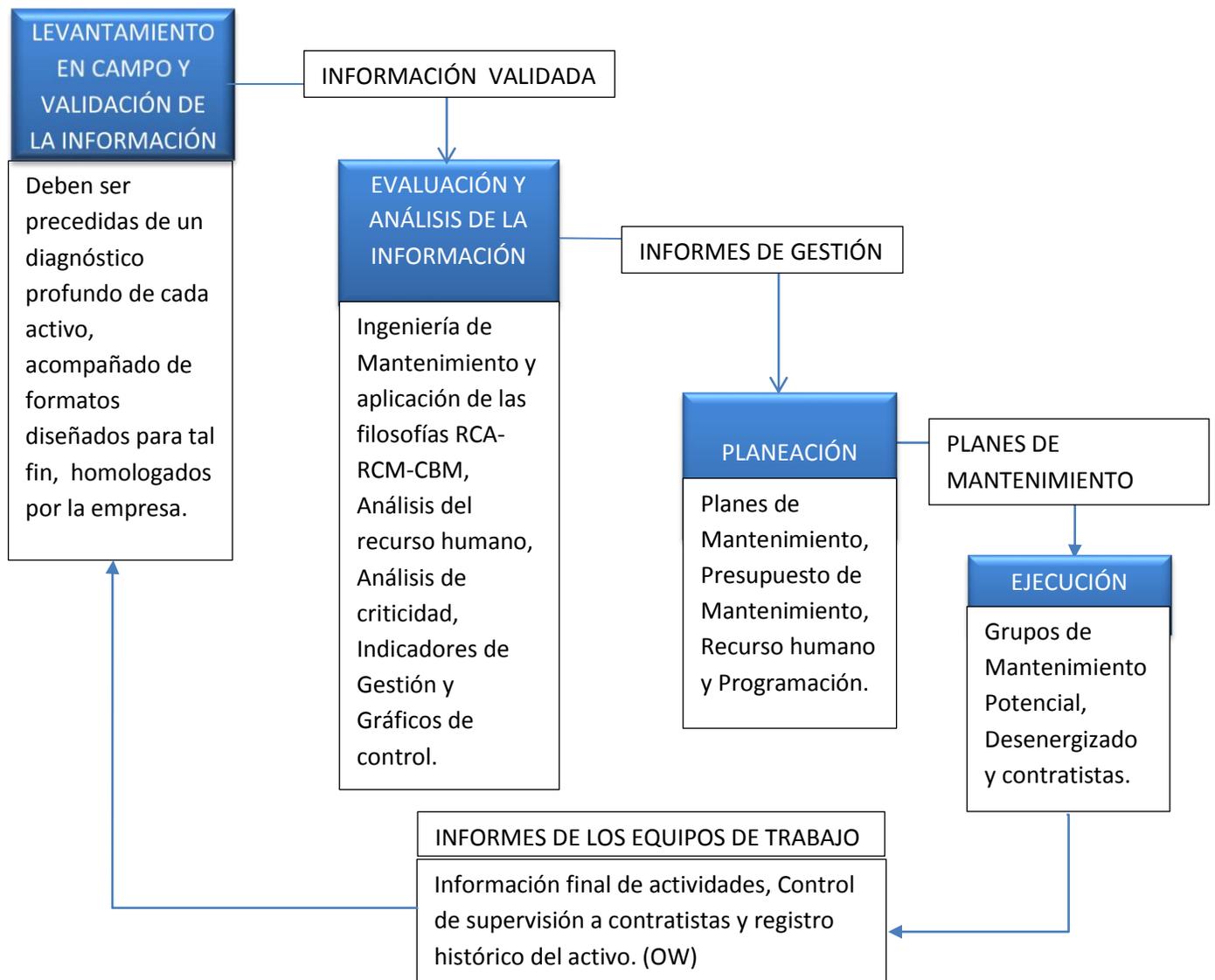
Con el interés de la administración por realizar un mantenimiento acorde a las necesidades, se mejoró la recolección de la información en el CDC, se adelantaron procedimientos para la adquisición de datos en los relés de protecciones por parte de los operadores, con el apoyo del equipo de protecciones.

La idea de este trabajo es, también es dejar un modelo que permita a todos los involucrados en el proceso de mantenimiento del área de Subestaciones y Líneas, el manejo de la información de manera eficaz y propicie planes y programas de mantenimiento orientados a optimizar las actividades y poder así apalancar la gestión de la administración acorde a los lineamientos de la casa matriz.

### 2.4.1 Modelo planteado

Figura 11. Diagrama de flujo para la información del ET Mantenimiento de Líneas.

#### Proceso de la información en el ET Mantenimiento de Líneas Subgerencia de Subestaciones y Líneas



Fuente: Los autores

A continuación se hará una descripción de cada una de las fases que componen este proceso de manejo de la información.

## **LEVANTAMIENTO EN CAMPO Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información en campo se convierte en la primera y más valiosa actividad relevante para el mantenimiento, porque se realiza en formatos debidamente homologados por la empresa y garantiza que el recaudo de dicha información sea suficiente y eficaz; al tiempo, se reciben los reportes de eventos del CDC y se solicitan las características de los mismos al equipo de protecciones.

Para el recaudo de la información en campo se requieren de actividades como la inspección mayor, que involucra presencia de personal idóneo en diseño, cálculo y construcción de líneas de transmisión para la verificación de actividades a realizar sobre el activo con el objeto de prolongar su vida útil, tales como mejoras locativas y las que incluyan nuevos proyectos.

También inspecciones menores, aquellas que se llevan a cabo con personal interno, idóneo y con experiencia en líneas, con el fin de recolectar información que permita la evaluación de condiciones específicas del activo tales como: reportes de vigilancia, reportes termo-gráficos, podas, medición de los sistemas de puesta a tierra, revisión de aislamiento y herrajes entre otras.

## **EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

La siguiente fase requiere que tal información sea reportada en los formatos validados por ESSA y visados por la jefatura, para que a éstos les sea aplicado el respectivo análisis y evaluación, proceso que integra las diferentes filosofías de la ingeniería en mantenimiento (RCM,<sup>\*</sup> TPM,<sup>\*\*</sup> CBM,<sup>\*\*</sup> RCA<sup>\*\*\*\*</sup> e indicadores entre

---

<sup>\*</sup> Reliability Centered Maintenance

<sup>\*\*</sup> Total Productive Maintenance

<sup>\*\*</sup> Condition Based Maintenance

otras) y permiten entregar a la jefatura los diferentes informes de gestión sobre los activos para decidir sobre la planeación estratégica del mantenimiento requerida por los entes de control.

Aquí, se resuelven las criticidades de los activos, recurso humano requerido y los informes de indicadores del ejercicio del mantenimiento.

## **PLANEACIÓN**

Con los análisis que arroja la fase anterior se elaboran los planes de mantenimiento solicitados por los entes internos y externos que permiten dar cobertura a las necesidades de los activos en lo que a disponibilidad y confiabilidad se refiere, incluyendo también las reformas y proyectos a corto, mediano y largo plazo; así mismo, los presupuestos asociados a cada uno de los planes de mantenimiento anteriormente mencionados.

Se realiza la disposición del recurso humano necesario para satisfacer el cumplimiento de los planes de mantenimiento y se emite la programación de los planes, teniendo en cuenta los entes que regulan tal proceso.

## **EJECUCIÓN**

Es la parte final del proceso, en la cual se aplican los protocolos de mantenimiento, se realiza el requerimiento de los equipos de trabajo, se ejecutan las actividades de mantenimiento cumpliendo con las reglamentaciones de los entes de control vigentes en cuanto a seguridad, salud ocupacional, a las cuales se les realiza control y supervisión; se allegan a la jefatura los informes de las actividades ejecutadas y se actualizan los reportes históricos del activo intervenido (OW).

---

\*\*\*\* Root Cause Analysis

Toda ésta información debe ser analizada por el equipo encargado de validar la información de campo con el propósito de que no haya actividades repetidas.

### 3. PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DEL DSD

#### 3.1 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se tomó la información del CDC de los años evaluados y se juntó con la de 2014, se incluyeron otros datos que arrojan los relés de protecciones y que son relevantes en el análisis, como la magnitud de las corrientes en los eventos, la fase de la línea afectada, la carga que atendía el circuito y los porcentajes de ocurrencia.

Figura 12. Modelo reporte de eventos CDC



**Informe de evento**  
Gestión Operativa.  
Bucaramanga, Marzo 01 de 2015

**ESSA**  
Grupo epry

#### Información preliminar del evento

Novedad: Evento no programado sobre la línea 314 Paipa-Barbosa 115 kV.		
Hora evento: 14:32	Reporte N°: 1	Hora emisión: 14:45
Descripción preliminar del evento: Se registra disparo del interruptor 115 kV de la línea 314 Paipa-Barbosa.		
Área afectada:		
Sin DNA.		
Número de clientes fuera de servicio: 0		
Registro de protecciones: Línea 314 Paipa-Barbosa 115kV en la S/E Barbosa: Protección de distancia Zona 1 a 10,6 km; sobrecorriente instantánea en fases Ifa=1028 A; Ifb= 359 A; Ifc=829 A.		
Causa del evento: Por confirmar.		
Hora de restablecimiento: 14:42		
Elaborado por: Jorge A. Galvis.		

Fuente: ESSA, Área Operación y Calidad, Centro de Control

**3.1.1 Metodología desarrollada para el estudio.** Para realizar el estudio de forma objetiva se tuvieron en cuenta criterios básicos del análisis de líneas de transmisión, como la geometría, el nivel cerámico y se tomaron los valores de la resistencia de puesta a tierra medida en las torres y la distancia entre vanos.

La información que se extrajo de los reportes de protecciones y del centro de control, permitieron ubicar en el recorrido de la línea, las distancias aproximadas de los eventos y las estructuras asociadas al mismo.

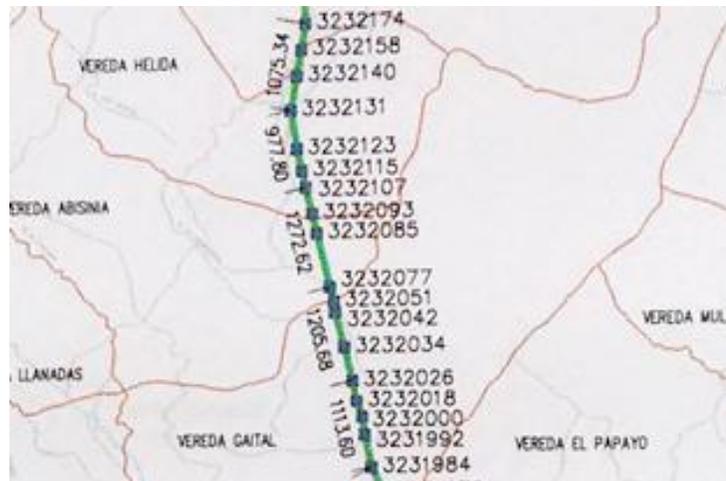
### 3.1.2 Parte 1 Criterio para definir intervalos de afectación por descargas.

Como resultado del análisis, se describe la primera parte de la metodología que consiste en ubicar los intervalos con afectación por descargas atmosféricas.

Sobre el plano de la línea se dibujaron los eventos y se buscaron los sitios donde hubo mayor concentración, de esa forma se obtuvieron tres intervalos en la línea Barbosa Cimitarra, los cuales se describen a continuación.

Intervalo uno; sector comprendido entre las estructuras 38 a la 53, conocido como La Héliida, en el municipio de Vélez a más de 2000 metros sobre el nivel del mar, cuyo nivel cerámico es 180, con un total de 16 torres.

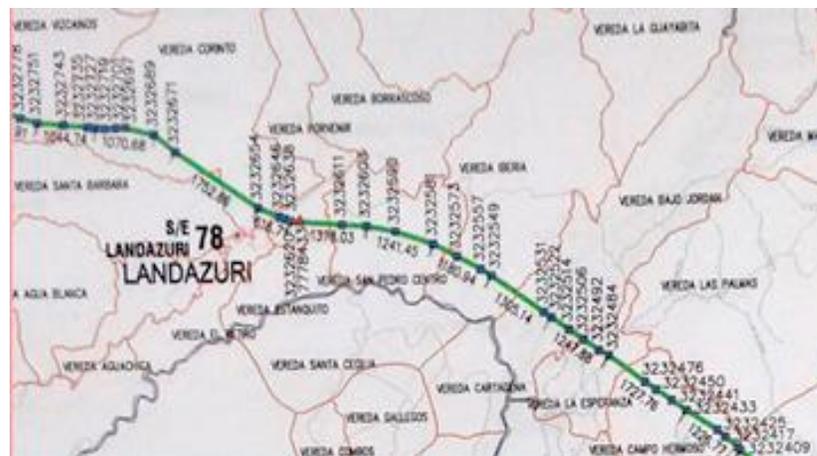
Gráfico 3. Intervalo 1, torres 38 a 53. Sector vereda La Héliida, vano promedio 285 metros



Fuente: Área de Ingeniería y Gestión, ESSA

Intervalo dos; sectores comprendidos entre las estructuras 76 y 77, 85 a 99, 103, 104 y 106 a 109, que van desde límites del corregimiento Alto Jordán hasta la cabecera municipal de Landázuri, a lo largo de la vía conocida como troncal del Carare, cuya altura promedio sobre el nivel es de 955 metros y con nivel ceráunico de 160, atraviesa el piedemonte sur occidental de la cordillera oriental que limita con el río Magdalena; en total son 23 torres.

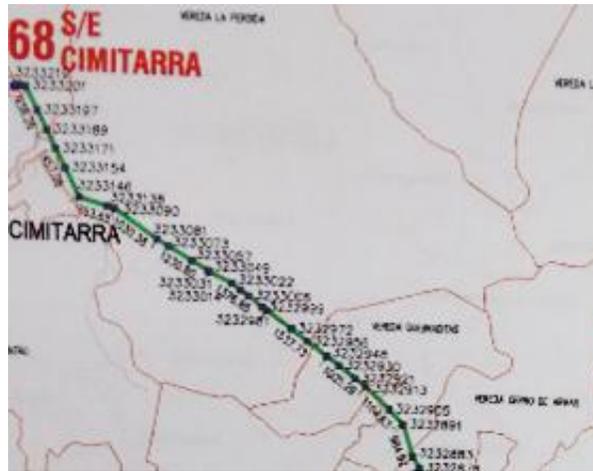
Gráfico 4. Intervalo 2, torres 76 a 109, sector Landázuri, vano promedio 540 metros



Fuente: Área de Ingeniería y Gestión, ESSA

Intervalo tres; sector comprendido entre las estructuras 120 a 140, que va desde límite del municipio de Landázuri, pasando por la vereda La Perdida, hasta llegar a la cabecera municipal de Cimitarra, con una altura promedio de 200 metros sobre el nivel del mar y un nivel ceráunico 160 por la zona de confluencia de la cordillera occidental y el río Magdalena; en total son 21 torres.

Gráfico 5. Intervalo 3, torres 120 a 140, sector Cimitarra, vano promedio 350 metros



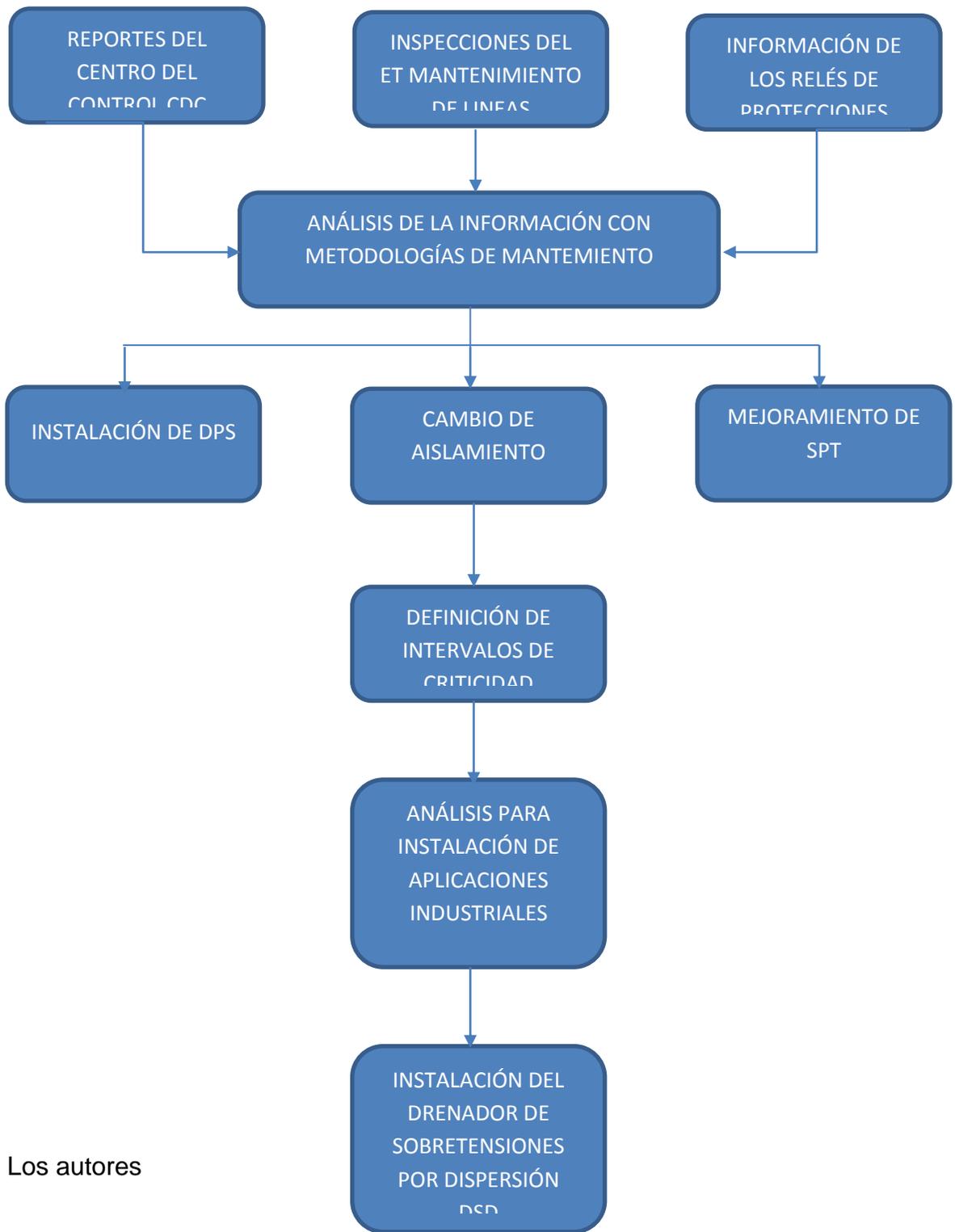
Fuente: Área de Ingeniería y Gestión, ESSA

### 3.1.3 Parte 2. Criterio para diagnosticar los intervalos.

Tomando en cuenta los reportes del CDC de los eventos registrados en la línea por salidas forzadas y los reportes de las inspecciones del equipo de mantenimiento de líneas donde se evidenció el daño de aislamiento, se propuso instalar DPS en las torres 63 y 80; éstos reportes se cotejaron con los datos que arrojan los relés de distancia de protecciones y hubo concordancia con las torres seleccionadas, por tal razón se puede resumir en el siguiente diagrama el proceso para aplicar a cualquier línea objeto de análisis

Figura 13.

Diagrama de flujo de la metodología aplicada.



Los autores

Se muestran los resultados de las actividades realizadas en campo sobre las torres en los intervalos definidos en las siguientes tablas.

Tabla 2. Mejoramiento SPT, intervalo uno, Línea Barbosa-Cimitarra

															
TORRE	Lectura inicial				MEDIDA	FECHA	COMPENSACION		Lectura Final				MEDIDA	FECHA	OBSERVACIONES
	A	B	C	D	[ $\Omega$ ]	MEDICION	S	N	A	B	C	D	[ $\Omega$ ]	MEDICION	
38	12,7	12,7	12,7	12,7	12,6925	24/09/2014			10,83	10,77	10,75	10,8	10,7875	24/09/2014	Estructura compensada
39	7,51	7,44	8,65	10,17	8,4425	25/09/2014			5,92	5,9	5,96	6	5,945	25/09/2014	Estructura compensada
40	12,5	12,4	12,4	12,41	12,43	26/09/2014			7,89	7,9	7,98	7,97	7,935	26/09/2014	Estructura compensada
41	13,1	13,1	11,9	11,93	9,235	26/09/2014			6,98	6,18	6,29	6,34	6,4475	26/09/2014	Estructura compensada
42	28	42,3	8,7	23,1	23,35	27/09/2014			7,78	7,74	7,78	7,81	7,7775	27/09/2014	Estructura compensada
43	24,3	20,5	20,5	19,16	21,115	28/09/2014			10,87	10,86	10,84	10,84	10,8525	28/01/1900	Estructura compensada
44	11,4	11,5	11,4	11,45	11,445	28/09/2014			6,6	6,6	6,61	6,59	6,6	28/09/2014	Estructura compensada
45	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7025	28/09/2014			7,22	7,21	7,22	7,21	7,215	28/09/2014	Estructura compensada
46	19,8	28,4	14,8	14,23	19,29	29/09/2014			6,28	6,28	6,3	6,36	6,305	29/09/2014	Estructura compensada
47	8,01	8,01	8	7,99	8,0025	29/09/2014			6,28	6,23	6,16	6,23	6,225	29/09/2014	Estructura compensada
48	7,37	7,36	7,36	7,36	7,3625	30/09/2014			4,97	4,98	6,81	5,72	5,62	30/09/2014	Estructura compensada
49	9,67	9,56	9,58	9,49	9,575	30/09/2014			4,37	4,16	4,24	4,27	4,26	30/09/2014	Estructura compensada
50	11,7	11,7	11,4	10,51	11,2925	30/09/2014			4,42	3,93	3,89	5,13	4,3425	30/09/2014	Estructura compensada
51	13,5	15,8	15,5	23,5	17,055	30/09/2014			6,92	6,89	6,8	6,84	6,8625	30/09/2014	Estructura compensada
52	6,05	6,04	7,66	7,66	6,8525	01/10/2014			4,01	4,15	4,26	4,22	4,16	01/10/2014	Estructura compensada
53	7,83	8,41	130	7,6	38,46	01/10/2014	X		4,77	4,58	4,58	4,7	4,6575	01/10/2014	Estructura compensada

Fuente: ESSA, ET Mantenimiento Líneas, Subgerencia de Subestaciones y Líneas.

Tabla 3. Mejoramiento SPT, intervalo dos, Línea Barbosa-Cimitarra

ESSA Grupo epm															
TORRE	Lectura inicial				MEDIDA	FECHA	MPENSACION		Lectura Final				MEDIDA	FECHA	OBSERVACIONES
	A	B	C	D	[Ω]	MEDICION	S	N	A	B	C	D	[Ω]	MEDICION	
76	30,4	30,4	30,4	30,4	30,42	29/05/2014	X		7,88	7,88	7,88	7,88	7,88		Estructura compensada
77	144	130	22	130	106,5	29/05/2014	x		15	15	15		11,25		Estructura compensada
85	13	15,2	12	12	13,05	21/05/2014	X		9,21	9,37	8,96	8,87	9,1025	03/10/2014	Estructura compensada
86	13	13	13	13	13	21/05/2014	X		8,49	8,9	8,84	8,84	8,7675	03/10/2014	Estructura compensada
87	13	13	13	13	13	21/05/2014	X		10,86	10,86	10,97	10,96	10,9125	02/10/2014	Estructura compensada
88	6	6	6	6,4	6,1	21/05/2014	X		8,87	8,89	8,85	8,77	8,845	02/10/2014	Estructura compensada
89	25	23,9	25	15,71	22,4025	04/10/2014	X		4,86	4,76	4,69	4,87	4,8	04/10/2014	Estructura compensada
90	38,3	37,8	38,2	37,9	38,05	04/10/2014	X		9,17	9,18	9,15	9,15	9,1625	04/10/2014	Estructura compensada
91	13,4	13,2	14,6	14,93	14,0175	05/10/2014	X		4,22	4,37	4,42	4,31	4,33	05/10/2014	Estructura compensada
92					0			X	10,53	10,52	10,47	10,55	10,5175	05/10/2014	Solo se realiza medida,
93	23,6	23,5	23,5	23,5	23,525	06/10/2014	X		8,86	7,38	8,83	8,85	8,48	06/10/2014	Estructura compensada
94	21,4	21,4	23,3	23,3	22,35	09/10/2014	X		9,65	9,62	9,59	9,62	9,62	09/10/2014	Estructura compensada
95	27,7	30,4	28,7	22,2	27,25	09/10/2014	X		8,6	9,53	8,59	8,64	8,84	09/10/2014	Estructura compensada
96					0				5,51	5,55	5,58	5,9	5,635	09/10/2014	Solo se realiza medida,
97	29,4	29,7	30,2	31,8	30,275	10/10/2014	X		12,16	12,9	12,17	12,17	12,35	10/10/2014	Estructura compensada
98	38,5	38,5	38,4	38,3	38,425	10/10/2014	X		10,81	10,95	10,87	10,7	10,8325	10/10/2014	Estructura compensada
99	7,7	7,69	7,68	7,67	7,685	09/10/2014	X		5,97	5,8	5,97	5,99	5,9325	09/10/2014	Estructura compensada
103	10,2	9,67	9,46	9,26	9,6425	13/10/2014	X		2,77	2,92	3,06	2,96	2,9275	13/10/2014	Estructura compensada
104	6,8	6,86	6,79	6,79	6,81	11/10/2014	X		2,75	2,83	2,73	2,83	2,785	11/10/2014	Estructura compensada
106	11,1	11,1	11,1	11,05	11,0675	12/10/2014	X		4,08	3,85	5,2	3,95	4,27	12/10/2014	Estructura compensada
107	19,1	26,4	20,6	20,2	21,57	12/10/2014	X		8,24	8,07	8,12	8,2	8,1575	12/10/2014	Estructura compensada
108	24,1	24,2	14,5	14,8	19,4025	12/10/2014	X		3,21	3,44	3,39	3,21	3,3125	12/10/2014	Estructura compensada
109	15,1	12,9	9,16	11,32	12,11	10/12/2014	X		3,73	3,17	3,54	3,52	3,49	10/10/2014	Estructura compensada

Fuente: ESSA, ET Mantenimiento Líneas, Subgerencia de Subestaciones y Líneas.

Tabla 4. Mejoramiento SPT, intervalo tres, Línea Barbosa-Cimitarra

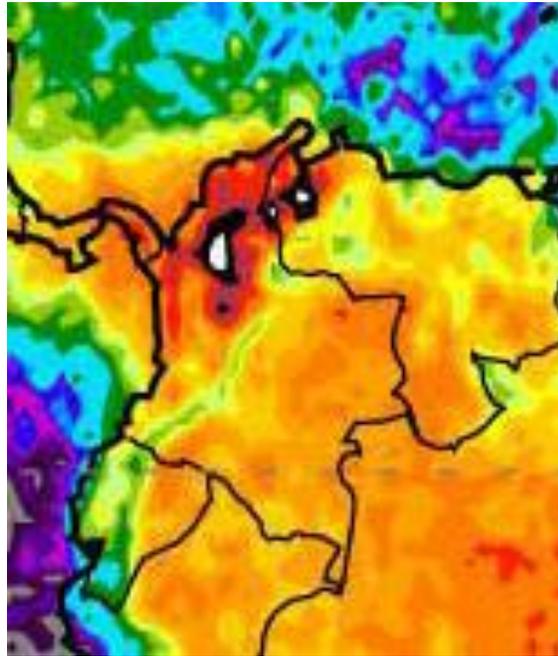
ESSA Grupo epm															
TORRE	Lectura inicial				MEDIDA	FECHA	MPENSACION		Lectura Final				MEDIDA	FECHA	OBSERVACIONES
	A	B	C	D	[Ω]	MEDICION	S	N	A	B	C	D	[Ω]	MEDICION	
120					0				3,46	3,47	3,48	3,38	3,4475	15/10/2014	Estructura compensada
121	18,3	13,4	12,3	12,02	13,9925	17/10/2014			3,81	3,83	3,89	3,84	3,8425	17/10/2014	Estructura compensada
122	38	38	38	38	38	16/10/2014			3,98	3,88	3,85	3,93	3,91	16/10/2014	Estructura compensada
124	48,7	74,9	43,9	53,1	55,15	17/10/2014			5,18	5,13	5,09	5,04	5,11	17/10/2014	Estructura compensada
125	15,1	15,2	15,2	15,39	15,2075	18/10/2014			9,86	9,85	9,81	9,8	9,83	18/10/2014	Estructura compensada
126	46,7	33,7	28,6	27	34	18/10/2014			6,72	6,84	6,98	6,79	6,8325	18/10/2014	Estructura compensada
127	28,6	28,6	28,4	26,8	28,1	19/10/2014			3,25	3,1	2,88	2,89	3,03	19/10/2014	Estructura compensada
128	32,8	32,7	33	33,8	33,075	20/10/2014			2,96	2,61	2,59	2,65	2,7025	20/10/2014	Estructura compensada
129	9,37	9,21	9,25	9,24	9,2675	20/10/2014			2,99	2,95	2,93	2,95	2,955	20/10/2014	Estructura compensada
130	14,9	14,9	14,9	14,87	14,865	20/10/2014			8,07	8,06	8,03	8,03	8,0475	20/10/2014	Estructura compensada
131	20,6	12,7	14,8	17,85	16,4875	21/10/2014			4,61	4,54	4,51	4,64	4,575	21/10/2014	Estructura compensada
132	21,3	26,7	25,5	34,4	26,375	21/10/2014			7,5	7,47	25,5	7,29	11,94	21/10/2014	Estructura compensada
133	13,4	13,1	12,9	12,85	13,065	22/10/2014			5,43	5,36	5,39	5,4	5,395	22/10/2014	Estructura compensada
134	24,9	24,8	24,5	24,3	24,625	22/10/2014			5,13	5,26	5,09	5,63	5,2775	22/10/2014	Estructura compensada
135	17,2	24,1	38,8	31,6	27,9275	22/10/2014			5,33	5,38	5,14	5,13	5,245	22/10/2014	Estructura compensada
136	26,5	26,5	27,1	271,1	87,8	23/10/2014			8,71	8,13	8,67	8,18	8,4225	23/10/2014	Estructura compensada
137	18	18,7	17,8	18,45	18,225	07/01/1900			7,37	4,34	7,45	7,39	6,6375	23/10/2014	Estructura compensada
138					0				7,2	7,21	7,74	7,24	7,3475	23/10/2014	Estructura compensada
139	46	46	48,3	48,4	47,175	24/10/2014			8,25	8,27	8,4	8,25	8,2925	24/10/2014	Estructura compensada
140	34,7	33,5	33,6	33,6	33,85	25/10/2014			8,91	8,87	8,92	5,6	8,075	25/10/2014	Estructura compensada

Fuente: ESSA, ET Mantenimiento Líneas, Subgerencia de Subestaciones y Líneas.

Se consultaron algunos estudios, como el del ingeniero Horacio Torres Sánchez (miembro del CIGRE, Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas, con sede en Francia) que sugiere que una descarga atmosférica negativa descendente (polaridad del rayo), es la más probable en zonas tropicales (Ajuste de normas IEC 62305 y NTC 4552), Seúl, Corea, 2000.

Tuvo en cuenta las observaciones realizadas por OTD (Optical Transient Detector), proyecto de la NASA que muestra los cambios momentáneos en una escena óptica los cuales indican la ocurrencia de un rayo. Como consecuencia de esas mediciones y las realizadas por el ing. Torres, se planteó el ajuste de la norma para condiciones tropicales como las de nuestras regiones.

Figura 14. Observaciones de la distribución global de rayos en Colombia. 1995/2003



Fuente: Detector Transitorio Óptico, OTD, NASA.

### **3.1.4 Parte 3.** Criterios de consulta tenidos en cuenta para análisis.

Todo lo anterior, se refleja en lo hallado en campo y en los análisis de la información, así que, tomando como base su enunciado respecto de los rayos, “no existen medios para evitarlos, ni sistemas de protección 100% eficaces, pero existen medidas para ejercer un control que ofrezca seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos”; se planteó entonces, la tercera parte de la metodología, que fue la búsqueda de un dispositivo que ofrezca lo planteado por Torres, control y seguridad.

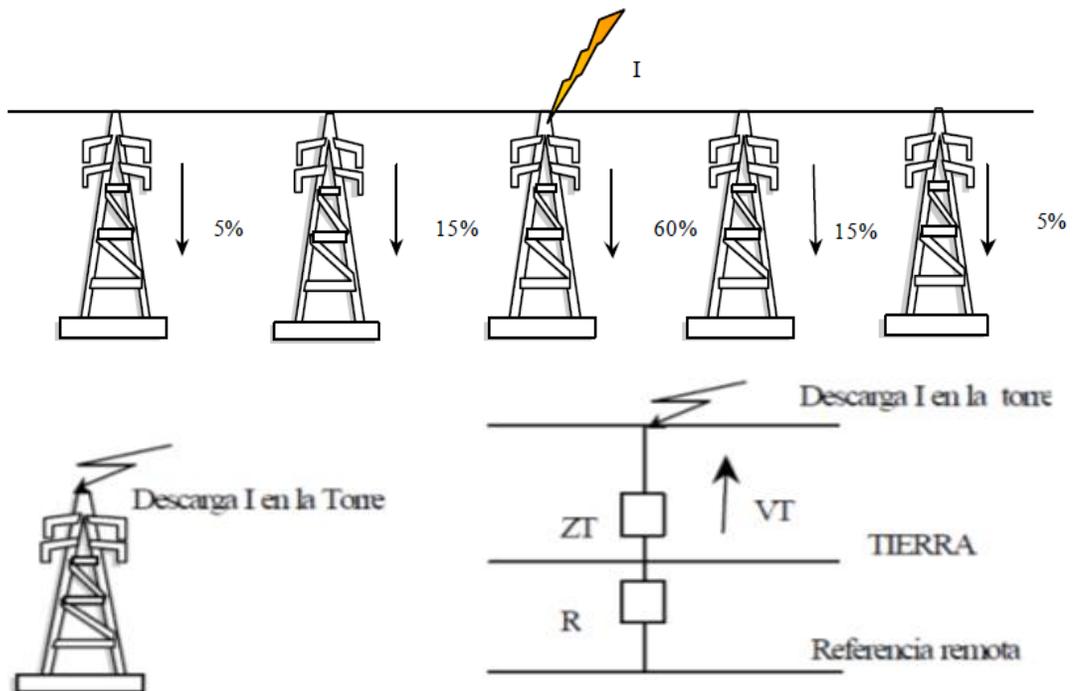
Cabe anotar que en la línea 312 existen instalados algunos dispositivos para minimizar las descargas atmosféricas, como lo son los DPS, los cuales en principio fueron distribuidos equidistantemente, de acuerdo con la cantidad disponible en su momento; es el caso de la torre 60, en donde existe un juego de tres DPS instalados.

El dispositivo investigado fue el descrito en el capítulo 1, Drenador de Sobretensiones por Dispersión el cual luego de analizarse en forma general, contiene las dos características enunciadas por el ingeniero Torres.

Además, si se tiene en cuenta el porcentaje de ocurrencia de eventos para la línea objeto de estudio, sólo 22 por año por causa de descargas atmosféricas; se encuentra que algunos estudios determinan dos posibles formas en que una línea es impactada por una descarga: sobre la torre y sobre el conductor de guarda entre vanos de la línea; y es que para líneas de 115 kV los eventos próximos a estas, no generan tanta inducción que puedan sacar la línea de servicio pues su aislamiento impide la salida por esta razón. (Niveles de 500 kV aproximadamente).

Para la zona donde está ubicada la línea 312, se puede establecer como válido ese enunciado y aplicar la conclusión del mismo.

Figura 15. Distribución de la intensidad de corriente por el impacto de una rayo sobre la torre, circuito equivalente y porcentaje de drenaje del evento

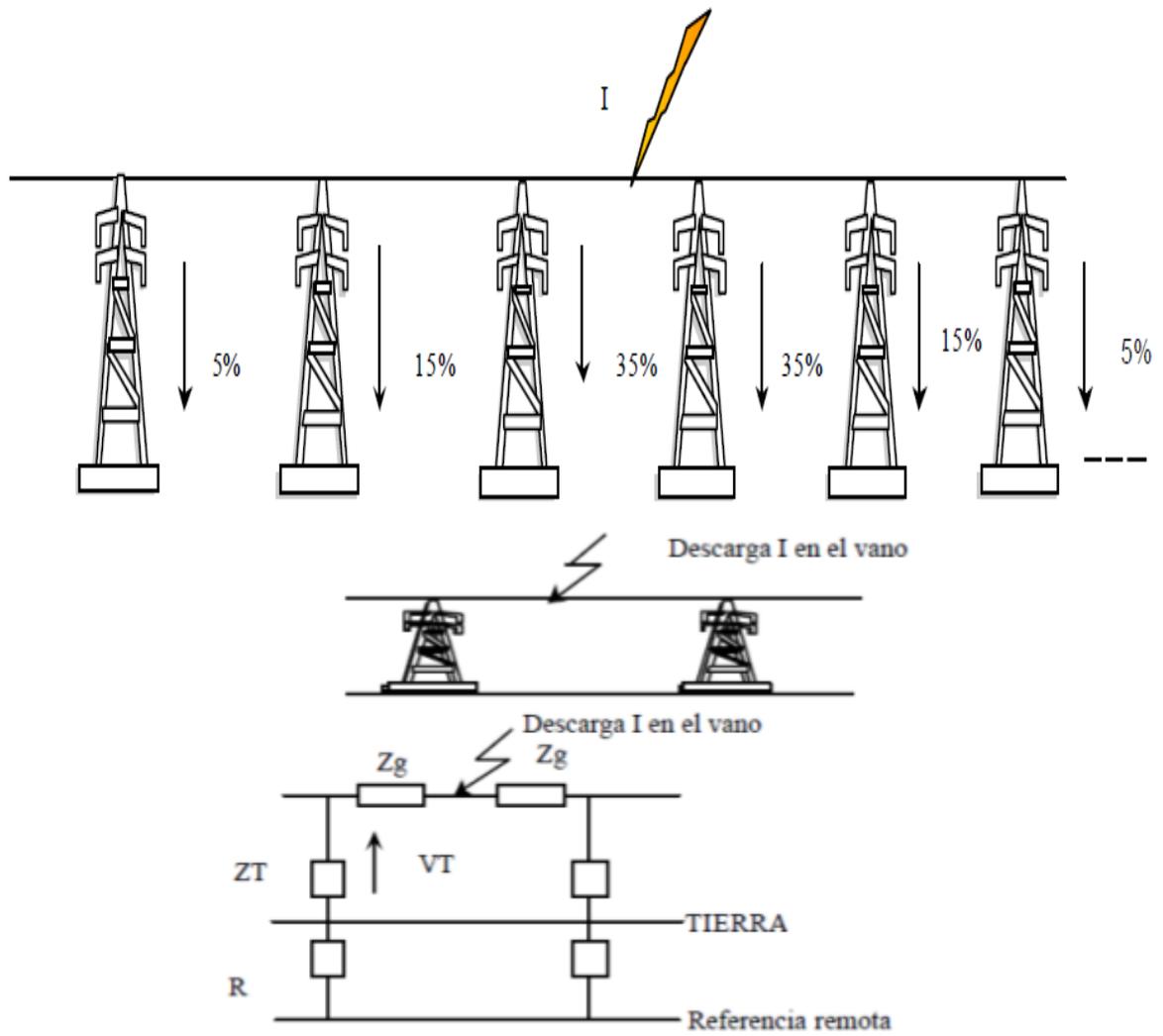


$Z_T$ =Impedancia de la torre,  $V_T$ =Tensión en la torre,  $R$ =Resistencia al pie de la torre

Fuente: Evaluación tasa de salidas forzadas en líneas aéreas de transmisión, Ruth Rangel Contreras, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

En éste caso, se aplican los valores de corriente registrados en los relés de protecciones al estudio, y se observa que no difieren mucho de lo planteado por la referencia; como consecuencia se puede aplicar para la línea 312.

Figura 16. Distribución de la intensidad de corriente por el impacto de una rayo sobre la torre, circuito equivalente y porcentaje de drenaje del evento



ZT=Impedancia de la torre, VT= Tensión en la torre, R=Resistencia al pie de la torre,  
Zg=Impedancia del cable de guarda

Fuente: Evaluación tasa de salidas forzadas en líneas aéreas de transmisión, Ruth Rangel Contreras, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

Se continúa con el proceso de evaluación del DSD para ser instalado en la línea 312.

### **3.2 SECUENCIA DE PASOS PARA LA INSTALACIÓN**

Como ya se definió, existen tres intervalos dentro de la línea que presentan mayor reporte de eventos por descargas atmosféricas, lo ideal es ubicar en ellos las estructuras de mayor altura en msnm (metros sobre el nivel del mar), y ahí hacer el proceso, pero el fabricante tiene unas recomendaciones para su instalación, que deben ser tenidas en cuenta, si se desea obtener el mayor provecho del dispositivo.

**3.2.1 Descripción de la parte activa del DSD.** El fabricante detalla en su propuesta de suministro que el DSD consta de:

- Drenador de Sobretensiones por Dispersión; que lo constituye una varilla metálica de 1/2 pulgada, dentro de un tubo de 3/4 de pulgada, energizada con tensión alterna entre 66 y 115 kV, instalada en un aislador station-post y cuya función es polarizar el aire ente la nube y la varilla de forma cónica inversa, direccionando positiva o negativamente las cargas captadas de la nube.
- Filtro de onda; con el objeto de descargar permanentemente posibles cargas de la nube, se instala en la punta del aislador station-post un filtro de onda de energía transitoria, fabricados en acero austenítico con bajo contenido de carbón y en aleación Manganeso, Níquel, Cadmio y Berilio, lo que da al filtro baja corrosión por los arcos eléctricos de alto impacto; compuesto por n elementos, cuyo número lo determina el nivel de tensión intervenido. Mínimo deben ser tres, debe tener filtros

flotantes que son divisores de esfuerzos eléctricos, a saber, dos fijos, el que está energizado y la conexión a tierra.

Figura 13. Armado del DSD, aislador, varilla y filtros



Fuente: Silda de Colombia SAS.

- Aislador station-post; el material constitutivo puede ser cerámico o polimérico, con platos galvanizados en caliente, con altura mínima de 1,10 m, BIL 450 kV (Norma IEEE 1313,1), corona ring de 20 cm de diámetro y un diámetro mínimo de 5 pulgadas.
- Aislador line-post; en material y características iguales al anterior, sólo que su función es servir de soporte para permitir la conexión de la fase a la varilla y no tiene corona ring.
- Accesorios para la instalación; se componen de tornillería que fija las bases de los aisladores a los herrajes y ángulos soporte para los aisladores, conector en T tipo pesado par la conexión de la fase a la varilla.
- Radio de cobertura; para la parte activa se tiene que desde el punto de instalación tiene una radio de 800 m, aproximadamente desde la torre instalada mínimo el vano anterior y posterior, se garantiza la captación de descargas.

### 3.2.2 Descripción de la parte pasiva del DSD

- Electrodo de puesta a tierra; requiere de una excavación en tierra, que depende de las mediciones de la resistividad del terreno y del SPT hallados, con una profundidad mínima de 60 cm, en el fondo se instala una malla metálica, luego se aplica una capa inicial de Hidrosolta (sugerida por el fabricante) de 1 cm de espesor, posteriormente se instala el electrodo ( lámina de cobre de 25 mm de ancho y 2 mm de espesor) a lo largo de la excavación, posteriormente se aplica otra capa igual, se instala otra malla metálica, se hace la conexión del electrodo instalado a la conexión de puesta a tierra por medio de una soldadura y se rellena la excavación. Las mallas metálicas son la para la medición de la capacitancia.

Figura 18. Instalación electrodo capacitivo, detalle lámina de cobre, Hidrosolta



Fuente: Silda de Colombia SAS

### 3.3 INSTALACIÓN DEL DSD

Cuando se tienen las fases del proceso anteriormente mencionadas, se procede a realizar la instalación adecuada, se puede realizar primero la instalación de la fase

de la parte pasiva, luego realizar la instalación de la parte activa y programar para cuando haya una desconexión de la línea por mantenimiento programado, realizar la conexión del puente a la fase.

Se plantea también la posibilidad de analizar un procedimiento, para que el ET Mantenimiento de Líneas Modalidad Potencial evalúe la conexión en línea viva, ya sea en la modalidad a distancia o a potencial.

Es necesario instalar un DSD por intervalo de la línea, así que serán tres DSD los que se necesitarán para garantizar la disminución de los eventos en la línea, la estructura donde se instalará el DSD resulta de la medición en metros sobre el nivel mar para garantizar mayor altura, ya que con base en las mediciones que se realicen se determina la adecuada ubicación.

Los materiales conexos a la instalación serán adicionales a la propuesta.

Figura 19. DSD instalado en torre coplanar horizontal



### 3.4 OBSERVACIONES

Para la conexión del DSD el fabricante recomienda el retiro del cable de guarda entre las estructuras adyacentes a la seleccionada, con el objeto de que el cable de guarda no interfiera con la ionización del aire y así garantizar su funcionamiento.

Adicionalmente, se recomienda instalar un contador de descargas en el dispositivo, para realizar un monitoreo de las mismas que inciden sobre la torre escogida y a partir de su instalación crear una base de datos que sirva como referencia para futuras mejoras al sistema.

Se requiere de un compromiso interdisciplinario en ESSA, que reúna recursos orientados a establecer una cultura del análisis de datos, pues en ellos está la posibilidad de solucionar muchos problemas y mejorar los valores propios de cada proceso y apalancar en general las directrices de la administración y el grupo empresarial.

Con la aplicación de ésta metodología, si bien no se puede garantizar que la línea 312 permanezca disponible siempre, si se puede inferir que la reducción en las salidas forzadas puede ser viable, toda vez que los elementos enunciados aquí coadyuvan a drenar constantemente las cargas producidas en la cercanía de la instalación del DSD propuesta.

Finalmente, para los tres intervalos donde se hallan probabilidades de eventos, se recomienda instalar un dispositivo en cada tramo, lo que se traduce en costos de la siguiente manera.

Tabla 5. Relación de costos finales para la instalación del DSD

<b>RELACIÓN DE DSD A INSTALAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Intervalo La Héliida, Vélez	1	\$14.216.902
Intervalo Landázuri, Landázuri	1	\$14.216.902
Intervalo Cimitarra, Cimitarra	1	\$14.216.902
Otros Costos	Global	\$2.350.000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$45.000.706</b>

Los precios están sujetos a cambios, de acuerdo a la duración de la oferta del proponente y a la fecha en la que se solicite el suministro y la asesoría.

## CONCLUSIONES

Se puede iniciar con la aplicación de este estudio, un mejor manejo de la información recolectada en las actividades de campo en relación con el mantenimiento de líneas, en la subgerencia de subestaciones y líneas, puesto que la retroalimentación de ellas permite evitar desgaste innecesario de recursos y optimización de los mismos, al tiempo que la gestión administrativa se hace eficaz.

La cultura de evaluación de los activos a cargo del ET Mantenimiento de Líneas, debe convertirse en un objetivo primario, dado que el diagnóstico conduce a establecer soluciones que pueden en el corto, mediano y largo plazo, garantizar la disponibilidad de los mismos o en otros términos extender la vida útil del activo en condiciones aceptables de funcionamiento.

Con el desarrollo tecnológico actual en equipos contra prevención de descargas atmosféricas, se hace pertinente la búsqueda constante de compañías dedicadas a tal fin, con esta práctica se logra sugerir la aplicación de algún dispositivo a los activos y permitir su mejor desempeño; en términos económicos no es otra cosa que encontrar un equilibrio entre una operación y mantenimiento adecuados versus los costos de hacer una nueva inversión.

Las buenas prácticas operacionales deben ser una constante en mantenimiento, deben ser documentadas y registradas en las hojas de vida de los equipos, se logra trazabilidad de la información de las actividades.

## BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 142 (julio 11), por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 41.433, 2004.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución CREG 097, por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local. Bogotá, 2008.

ESSA ESP. Informes Operativos Centro de Control, Área de Operación y Calidad, Protecciones y Contratistas de ESSA ESP. Enero a Diciembre 2011-2014.

GONZÁLEZ, J.W., ORTÍZ, C.A., CARDONA, H.A., ISAAC, I.A. Análisis Eléctrico de Líneas de transmisión. Medellín, Colombia, Universidad Pontificia Bolivariana, 2005.

HIDROSOLTA. Transmisión, Sistemas de Protección contra Descargas, DSD115K.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-4552-2. Bogotá, D.C., 2008.

Mapa Ceráunico. Icontec 2014.

Mapa Ceráunico. Normas ESSA.

MONTEALEGRE BOCANEGRA, José Edgar y PABÓN CAICEDO, José Daniel. SEGUIMIENTO, DIAGNÓSTICO Y PREDICCIÓN CLIMÁTICA EN COLOMBIA [en línea]. En: Meteorología Colombiana No. 5, Bogotá, 2002 p. 59-65 [citado 18 mar

2015]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.geociencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_23/file/METEOROLOGIA/07%20Montealegre%20Edgar.pdf](http://www.geociencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_23/file/METEOROLOGIA/07%20Montealegre%20Edgar.pdf)>

MONTEALEGRE, José Edgar. Escalas de la variabilidad Climática. Investigador Científico IDEAM [citado 5 mar 2015]. Disponible en Internet: <URL: [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rds.org.co%2Faa%2Fimg\\_upload%2Faea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451%2FEscalas\\_de\\_la\\_variabilidad\\_clim\\_tica.pdf&ei=HN2sU\\_fPFcbQsQTTuYCoBw&usg=AFQjCNG6yM-KvRDOdHF9jBafgwCQtPNnkw&sig2=xKFUYMqnNf0tbcApBtaJw](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.rds.org.co%2Faa%2Fimg_upload%2Faea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451%2FEscalas_de_la_variabilidad_clim_tica.pdf&ei=HN2sU_fPFcbQsQTTuYCoBw&usg=AFQjCNG6yM-KvRDOdHF9jBafgwCQtPNnkw&sig2=xKFUYMqnNf0tbcApBtaJw)>