

ANEXO A: Caracterización de los parámetros meteorológicos en las zonas de influencia del grupo EPM.

© Copyright: Empresas Públicas de Medellín ESP. No está permitida su reproducción por ningún medio impreso, fotostático, electrónico o similar, sin la previa autorización escrita del titular de los derechos reservados.



1 OBJETO

Presentar los resultados de la clasificación de parámetros meteorológicos y condiciones climatológicas, para el diseño de redes de distribución de energía del Grupo EPM

Este documento se considera como soporte en la lectura e interpretación de las siguientes guías:

- Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos
- Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico
- Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de los equipos
- Homologación de estructuras

2 ALCANCE

El presente documento define los valores de los parámetros meteorológicos y condiciones climatológicas que intervienen en el diseño mecánico y estructural de las zonas geográficas donde el Grupo EPM tiene presencia, tales como, temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura promedio y velocidad del viento.

Para el diseño de aislamiento se debe tener en cuenta la densidad relativa del aire, el nivel de contaminación y la densidad de descargas atmosféricas (DDT)

3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Para la elaboración de la presente norma técnica se consultaron los siguientes documentos:

- [1] <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>. IDEAM, El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2018.
- [2] Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Bogotá D.C., Colombia
Marzo de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- [3] Normalización de estructuras metálicas para líneas a 230 kV doble circuito. Metodología de diseño de líneas de transmisión y guía de aplicación de las estructuras normalizadas. ISA. 1989.
- [4] Norma IEC 60826:2017. Criterios de diseño para líneas de transmisión. IEC.2017
- [5] Transmission Line Reference Book. EPRI. 2013
- [6] IEC/TS 60815-1. Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles, Edition 1.0, 2008-10
- [7] NTC 3389-1999. coordinación de aislamiento. guía de aplicación

4 DEFINICIONES

La densidad de descargas a tierra (DDT): Número de rayos nube-tierra que se presentan en un área de 1 km² durante un año. Típicamente la DDT es calculada a partir de las medidas de contadores de rayos, sistemas de localización de rayos y sistemas ópticos instalados en satélites.

Contaminación ambiental: La contaminación ambiental se presenta como la alteración física, química y biológica que un medio o un territorio pueden sufrir por la dinámica que desarrollan medios naturales y/o antrópicos.

Nivel de contaminación: Clasificación de la contaminación ambiental dependiendo de ciertas características físicas, químicas y biológicas.

Temperatura máxima: Valor máximo con probabilidad del dos por ciento (periodo de retorno de 50 años) de ser excedido anualmente, obtenido de la distribución de temperaturas máximas anuales. En su defecto, si la distribución de los datos de temperaturas máximas no se ajusta a la función de distribución Gumbel de valores extremos, se tomará el valor máximo de registros históricos del IDEAM.

Temperatura máxima absoluta: Es la temperatura máxima medida durante el día.

Temperatura máxima media (Temperatura Media): Valor medio de la distribución de temperaturas máximas anuales.

Temperatura mínima: Valor mínimo con probabilidad de dos por ciento (periodo de retorno de 50 años) de no tenerse un valor inferior anualmente, obtenido de la distribución de temperaturas mínimas anuales.

Temperatura mínima absoluta: Es la temperatura mínima medida durante el día.

Temperatura promedio: Es la temperatura promedio medida durante el día.

Velocidad del viento: Velocidad del aire medida mediante un anemómetro situado a 10 m de altura por encima del nivel del suelo local y en una zona plana y despejada, donde la distancia horizontal entre cualquier obstáculo y el anemómetro sea al menos 10 veces la altura del obstáculo.

Velocidad de viento máxima anual o mensual: Valor máximo de la velocidad de viento (ráfaga de tres segundos). Información que se obtiene de los registros de vientos.

Velocidad de viento máxima promedio: Valor medio de la distribución de velocidades máximas anuales o mensuales. Se utiliza para analizar el balanceo para condición de sobretensiones por maniobra. Igualmente, para la analizar condición anormal en las hipótesis de carga de las estructuras.



Velocidad de diseño: Es la velocidad resultante de aplicar a la velocidad de referencia para diseño, los factores de corrección por altura y categoría del terreno (rugosidad) para la posición o casos específicos de las estructuras o conductores dentro de una línea y se utiliza para determinar el balanceo para condición de sobretensiones a frecuencia industrial. Igualmente, para la analizar condición normal en las hipótesis de carga de las estructuras.

5 GENERALIDADES

El presente documento definirá los siguientes parámetros de diseño que deben ser tenidos en cuenta en el diseño de las redes de distribución.

- Temperatura máxima
- Temperatura promedio
- Temperatura mínima
- Velocidad máxima
- Densidad relativa del aire
- Niveles de contaminación
- Densidad de descargas atmosféricas

Los parámetros meteorológicos se definen a partir de la información obtenida de las estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [1] que se encuentran ubicadas en el área de influencia del grupo EPM.

Con el fin de facilitar la definición de los valores de la temperatura máxima, mínima y promedio a utilizar en los diseños de redes, se realizó una clasificación de climas teniendo en cuenta la altitud de las zonas en las que el Grupo EPM lleva a cabo la distribución y comercialización de los servicios de energía eléctrica y se define así:

Tabla 1 Clasificación de climas para el Grupo EPM

| Clima | Altitud mínima [msnm] | Altitud máxima [msnm] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| Cálido | 0 | 1000 |
| Templado | 1000 | 2500 |
| Frío | 2500 | 4000 |

Fuente: Grupo EPM

A partir de esta clasificación se ordena la información registrada en las estaciones por el IDEAM. Los datos de temperaturas máximas y mínimas se describen mediante la distribución de probabilidad tipo I o Gumbel y se realizan procesos probabilísticos de donde se obtienen las temperaturas para un periodo de retorno de 50 años. La temperatura máxima tiene una probabilidad del 2% de ser igual o superior en un periodo de 1 año y la temperatura mínima tiene una probabilidad del 2% de no tener un valor inferior para el periodo de un año.

Para la obtención y clasificación de las velocidades máximas de viento utilizadas en el análisis de cargas mecánicas sobre estructuras y conductores, se parte del Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), capítulo B.1 Cargas y se analizan de acuerdo con la metodología de diseño de líneas de transmisión. [2]. [3].

Un aspecto importante para considerar en el diseño, debido a los diferentes ambientes en que se construyen y operan las redes de distribución son los niveles contaminación que se pueden presentar, por medio de la norma NTC 3389 se describen las características de cada nivel.



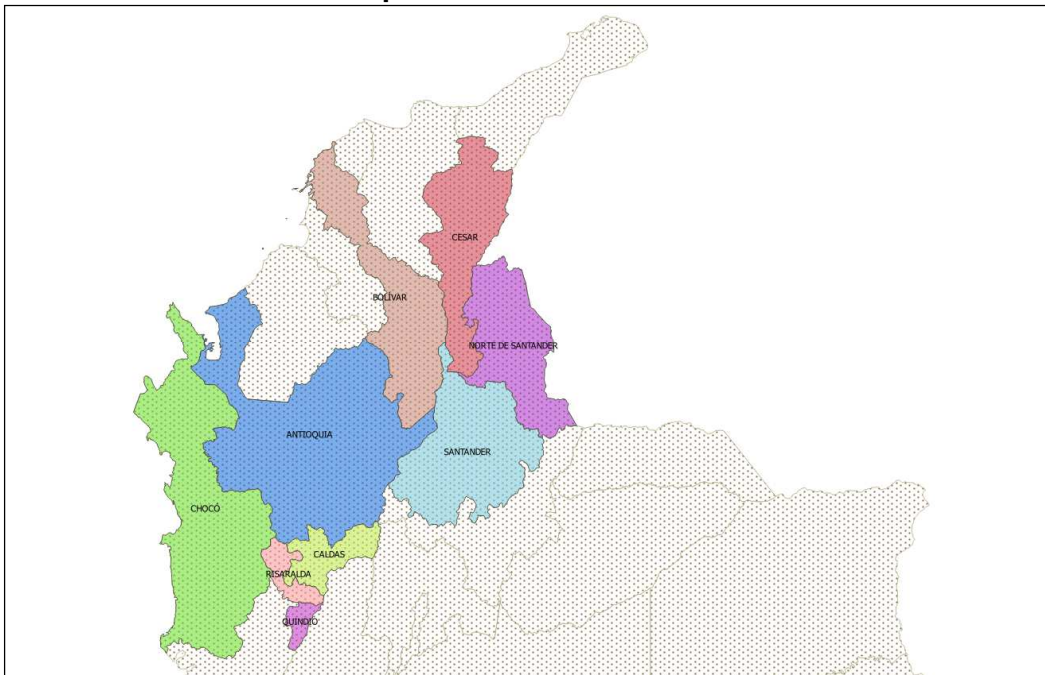
Finalmente, se indican las densidades de descargas atmosféricas para cada uno de los municipios dentro del área del Grupo EPM y se toma como herramienta Applet G-2 World Map of Ground Flash Density del EPRI AC Transmission Line Reference Book 2013.

6 ZONA DE INFLUENCIA

El Grupo EPM tiene cobertura para la prestación de servicios de energía, a través de la matriz y sus filiales, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Santander y Norte de Santander y en algunos municipios de los departamentos del Cesar, Bolívar y Chocó.

En la Figura 1 se muestran los departamentos en los que actualmente presta servicio el Grupo EPM. En el Anexo 1 se presenta el listado de los municipios por departamento que hacen parte del área de cobertura.

Figura 1 Zona de influencia Grupo EPM



Fuente: Grupo EPM

Los municipios atendidos por el Grupo EPM en los departamentos del Cesar, Bolívar y Chocó se listan en la Tabla 2.

Tabla 2 Municipios adicionales pertenecientes al Grupo EPM

| Municipio | Departamento |
|---------------------|--------------|
| Río de Oro | Cesar |
| Gonzalez | Cesar |
| Pelaya | Cesar |
| Gamarra | Cesar |
| Aguachica | Cesar |
| La Gloria | Cesar |
| Morales | Bolívar |
| San Alberto | Cesar |
| San Martín | Cesar |
| El Carmen de Atrato | Chocó |

Fuente: Grupo EPM

7 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

La variedad de condiciones meteorológicas de las zonas atendidas por el Grupo EPM hace necesario que se establezcan los parámetros que deberán ser utilizados por los contratistas para la elaboración de los diseños de las redes de distribución.

En los siguientes numerales se presentan los valores propuestos, además de indicar la forma en que éstos fueron obtenidos.

7.1 TEMPERATURAS

Las temperaturas máximas, temperaturas mínimas y temperaturas promedio que aplican para los climas clasificados, se define a partir de un análisis a los registros en las estaciones del IDEAM que se ubican en la zona de influencia del Grupo EPM.

El procedimiento consistió en solicitar al IDEAM los registros diarios de los parámetros meteorológicos en las estaciones desde la página Web (<http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/pgrs>), cada estación debía tener como mínimo el registro diario durante 10 años para que fuera considerada dentro del análisis probabilístico aplicado.

Los datos de temperatura máxima y temperatura mínima se comportan como una variable aleatoria y se pueden describir mediante una distribución de probabilidad.

Cuando se dispone de datos estadísticos de temperaturas, es adecuado calcular las temperaturas de diseño utilizando procedimientos probabilísticos basados en el concepto de Periodo de Retorno.

La temperatura de diseño obtenida para un periodo de retorno determinado es tal que la probabilidad de que ocurra temperaturas de igual o superior valor a ésta es el inverso de este tiempo, es decir que para un periodo de retorno de 50 años la temperatura máxima tiene una probabilidad de 2% de ser igual o superior a la obtenida, en un periodo de 1 año y la temperatura mínima con un periodo de retorno de 50 años, una probabilidad del 2% de no encontrar un valor inferior en un año.

Las distribuciones de probabilidad que describen en mejor forma el comportamiento estadístico de las temperaturas son las denominadas "Distribuciones de Valores Extremos", entre las cuales las más utilizadas en estudios de vientos son las de tipo I (Gumbel), tipo II y Weibull. De éstas, la que mejor se ajusta a los registros es la tipo I o Gumbel.

La función de la distribución de probabilidad acumulada para la distribución tipo Gumbel está dada por:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}}$$

Ecuación 1

Donde:

$$\mu = \bar{X} - \frac{C_1}{\alpha} \text{ es la moda, y } \alpha = \frac{C_2}{\sigma_x}$$

Siendo:

\bar{X} : El valor medio de la variable X.

σ_x : La desviación estándar de X.

Los valores de C1 y C2 dependen del tamaño de la muestra y están dados para distintos números de años de registros históricos, tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3 Constantes de la distribución Gumbel

| Años de Registros | C1 | C2 |
|-------------------|-------|-------|
| >= 30 | 0.577 | 1.282 |
| 30 | 0.536 | 1.112 |
| 20 | 0.524 | 1.063 |
| 10 | 0.495 | 0.950 |

**Nota: Los valores de las constantes para años intermedios se pueden interpolar*

Se toman los registros de las estaciones meteorológicas del departamento de Antioquia como muestra para verificar si los datos se ajusta a la función de probabilidad Gumbel y se hace por medio de la prueba de Smirnov-Kolgomorov donde se compara con ayuda del programa Crystal Ball la función de distribución Gumbel teórica con la obtenida a partir de los datos de la estación, el resultado confirmo que la información se ajustan a la función y bajo este supuesto se determinan las temperaturas.

La temperatura media se determina calculando el valor medio de los registros de temperatura promedio anual.

Los términos de la temperatura utilizados para el diseño y obtenidos de los registros de las estaciones del IDEAM son los siguientes:

- Temperatura máxima absoluta: Es la temperatura máxima medida durante el día
- Temperatura mínima absoluta: Es la temperatura mínima medida durante el día
- Temperatura máxima media: Es la temperatura promedio medida durante el día

A partir de los datos de temperatura máxima absoluta, mínima absoluta y promedio se pueden definir los siguientes términos:

- Temperatura máxima: Valor máximo con probabilidad de dos por ciento (periodo de retorno de 50 años) de ser excedido anualmente, obtenido de la distribución de temperaturas máximas anuales.

- Temperatura mínima: Valor mínimo con probabilidad de dos por ciento (periodo de retorno de 50 años) de no tenerse un valor inferior anualmente, obtenido de la distribución de temperaturas mínimas anuales.
- Temperatura máxima promedio: valor medio de la distribución de temperaturas máximas anuales.
- Temperatura media o promedio: Valor medio de las temperaturas promedio anuales.
- Temperatura coincidente: valor de temperatura considerada como coincidente con las velocidades de viento del proyecto. La temperatura mínima promedio se tomará como la temperatura coincidente.
- Temperatura mínima promedio: valor medio de la distribución de temperaturas mínimas anuales.

Con lo mencionado anteriormente se definen las temperaturas que se presentan en el área de influencia del Grupo EPM y se clasifican en tres climas como se muestra en la Tabla 4, cada clima a su vez corresponde a un rango altitudinal.

Tabla 4 Clasificación de climas en el territorio del Grupo EPM.

| Clima | Altitud [msnm] | Temperatura máxima (°C) | Temperatura media (°C) | Temperatura mínima (°C) | Temperatura coincidente (°C) |
|----------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Cálido | 0 - 1000 | 40 | 26 | 16 | 18 |
| Templado | 1000 - 2500 | 34 | 21 | 10 | 12 |
| Frío | 2500 - 4000 | 27 | 9 | 4 | 5 |

Fuente: Grupo EPM

7.2 VELOCIDAD DEL VIENTO

La velocidad extrema del viento es fundamental en el diseño de redes eléctricas, ya que constituye una de las principales cargas sobre las estructuras y sobre los conductores.

Para definir las velocidades máximas del viento se tienen en cuenta dos fuentes de información principales:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. [2]
- Normalización de estructuras metálicas para líneas a 230 kV doble circuito. Mediante la metodología planteada en el documento, se calculan las velocidades de diseño utilizando procedimientos probabilísticos, basados en el concepto de Periodo de Retorno para 50 años. [3]

Los resultados de velocidad máxima que se muestran en el documento de Normalización de estructuras [3], coincide con la información presentada en la NSR-010 [2] en la Figura 2 se presenta el mapa de velocidades máximas para el país referidos para un tipo de terreno clasificado como B, se debe tener presente la categoría del terreno y realizar el ajuste a las velocidades del viento, ya que dependiendo de las características del lugar se aplican diferentes factores como lo indica la Tabla 5, tomada de la norma IEC 60826:2017 [4].

Tabla 5 Clasificación de categorías de terrenos

| Categoría de terreno | Características | K _R |
|----------------------|---|----------------|
| B | Campo abierto con muy pocos obstáculos, por ejemplo, aeropuertos o campos de cultivo con algunos árboles o edificios. | 1.00 |
| C | Terreno cubierto por numerosos obstáculos (cercas, árboles y edificios) poco espaciados, pero de pequeña altura. | 0.85 |
| D | Áreas urbanas, suburbanas o terreno con muchos árboles altos | 0.67 |

Fuente: IEC 60826:2017 [4]

En caso de requerirse ajuste por categoría de terreno, se utilizará la Ecuación 1.

Ecuación 2

$$V_{m\acute{a}x} = K_R \cdot V_{RB}$$

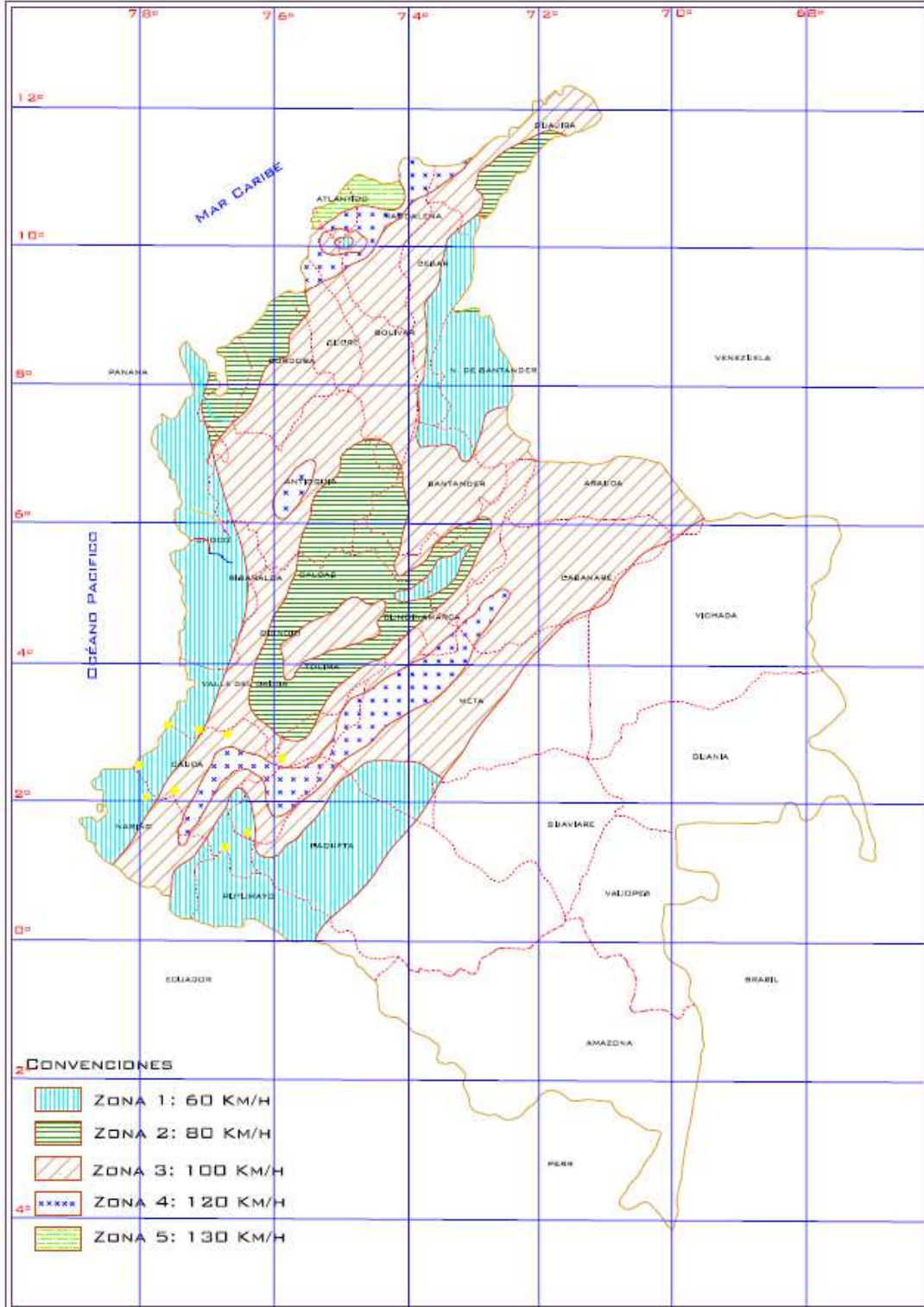
Donde:

V_{RB} : Velocidad del viento de la Figura 2 (km/h).

K_R : Factor de rugosidad del terreno (ver tabla 5)

V_{máx} : Velocidad de viento de ráfaga, máximo calculado y afectado por la rugosidad del terreno (km/h)

Figura 2 Zonas Velocidad de viento máximo



Fuente: NSR - 10 Capítulo B.6 -Fuerza de Viento – Normalización de estructuras metálicas para líneas a 230 kV doble circuito [2], [3].

En el territorio del Grupo EPM se presentan cuatro (4) zonas de viento máximo como se indica en la Tabla 6, también se definen las velocidades para la categoría de terreno D (zona urbana).

Tabla 6 Velocidades máximas en el territorio del Grupo EPM.

| Zona | V máx Viento NSR 10 [km/h] | Área | Categoría de Terreno | KR- Factor de rugosidad del terreno | V máx Viento [km/h] |
|------|----------------------------|--------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1 | 60 | Rural | B | 1.00 | 60 |
| | | Urbana | D | 0.67 | 40 |
| 2 | 80 | Rural | B | 1.00 | 80 |
| | | Urbana | D | 0.67 | 50 |
| 3 | 100 | Rural | B | 1.00 | 100 |
| | | Urbana | D | 0.67 | 60 |
| 4 | 120 | Rural | B | 1.00 | 120 |
| | | Urbana | D | 0.67 | 80 |

Fuente: Grupo EPM

La velocidad de viento promedio en el territorio del Grupo EPM es:

7.3 NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las diferentes condiciones geográficas de las zonas de atención del Grupo EPM implican también la existencia de diferentes niveles de contaminación que deben ser tenidos en cuenta en el momento del diseño, debido al impacto que estos tienen en las distancias de aislamiento.

El grado de contaminación está definido en cinco niveles presentados, de acuerdo con lo señalado en la Tabla 7, en la cual se describen algunos ambientes típicos. Cada nivel está asociado a la distancia de fuga, del aislador, necesaria para soportar la contaminación por cada kV en la tensión nominal de operación (Fase-Fase).

Tabla 7 Distancias de fuga recomendadas

| Nivel de contaminación | Ejemplos de ambientes típicos | Distancia de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾ |
|------------------------|--|---|
| 0 muy ligera | <ul style="list-style-type: none"> - Áreas sin densidad de industrias, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Todas estas áreas deben estar situadas a más de 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos provenientes del mar 3). | 12,7 |
| I ligera | <ul style="list-style-type: none"> - Áreas sin industrias y de baja densidad de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas agrícolas²⁾ - Áreas montañosas. - Todas estas áreas deben estar situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no deben estar expuestas directamente a los vientos | 16,0 |

| Nivel de contaminación | Ejemplos de ambientes típicos | Distancia de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾ |
|------------------------|---|---|
| | provenientes del mar ³⁾ . | |
| II media | <ul style="list-style-type: none"> - Áreas con industrias que no producen humo particularmente contaminante y/o con una densidad promedio de casas equipadas con plantas de calentamiento. - Áreas con alta densidad de casas y/o industrias sometidas a vientos y/o lluvias frecuentes. - Áreas expuestas al viento del mar, pero no demasiado cerca de las costas (al menos a varios kilómetros de distancia)³⁾ | 20,0 |
| III fuerte | <ul style="list-style-type: none"> - Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calentamiento que producen contaminación. - Áreas cercanas al mar, o en cualquier caso expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar.³⁾ | 25,0 |
| IV muy fuerte | <ul style="list-style-type: none"> - Áreas generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial, que producen depósitos conductores particularmente espesos. - Áreas generalmente de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a la espuma del mar, o a vientos muy fuertes y vientos contaminantes provenientes del mar. - Áreas desiertas, caracterizadas por largos períodos sin lluvia, expuestas a vientos fuertes que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. | 31,0 |

Nota. Se recomienda aplicar esta tabla solamente a aislamientos de vidrio o porcelana y no cubre algunas situaciones ambientales, tales como hielo y nieve en contaminación fuerte, lluvia fuerte, áreas áridas, etc.

1) De acuerdo con la GTC56 (IEC 815), distancia de fuga mínima de los aisladores entre fase y tierra relacionada con la mayor tensión del sistema (entre fases).

2) El uso de fertilizantes mediante rociado, o el quemado de residuos de cosechas puede conducir a un nivel de contaminación mayor debido a dispersión por el viento.

3) Las distancias desde la costa dependen de la topografía del área costera y de las condiciones extremas del viento.

Fuente: NTC 3389, Coordinación de aislamiento. Guía de aplicación Tabla 1.

7.4 DENSIDAD RELATIVA DEL AIRE

La densidad relativa del aire es función de la altura sobre el nivel del mar ($\rho=1$ para $p=760$ mmHg y $t=25$ °C) y está dada por:

Ecuación 3

$$\delta = \frac{273+t_0}{273+t} \times \frac{p}{p_0}$$

Donde:

t: temperatura promedio.

p: presión de la zona. La variación de la presión atmosférica con la altura sobre el nivel del mar se muestra en la Tabla 8).

t_0 : temperatura de referencia (25°C)

p_0 : presión de referencia (760 mm Hg equivalente a 1.013 bar).

Tabla 8 Presión atmosférica en función de la altura sobre el nivel del mar

| Altitud [km sobre el nivel del mar] | Presión Atmosférica [mm Hg] |
|--|--------------------------------|
| 0 | 760.00 |
| 0.5 | 714.84 |
| 1.0 | 673.07 |
| 1.5 | 633.18 |
| 2.0 | 595.03 |
| 2.5 | 559.02 |
| 3.0 | 524.87 |
| 4.0 | 461.78 |
| 5.0 | 405.06 |
| 6.0 | 354.10 |
| 7.0 | 308.40 |
| 8.0 | 267.43 |
| 9.0 | 230.99 |
| 10.0 | 198.71 |

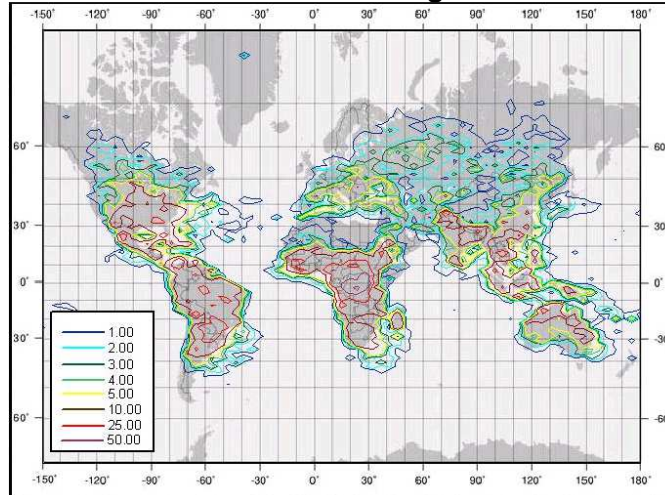
Fuente: Tabla 8.4-1 de EPRI AC Transmission Line Book 2013 [5]

7.5 DENSIDAD DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS A TIERRA

Cada una de las regiones que conforman el área de influencia de atención del Grupo EPM, tiene características particulares en cuanto al nivel cerámico. De acá que se requiera tener conocimiento del comportamiento de cada una de ellas, por lo que se plantea la caracterización de estas.

El valor de densidad de descargas atmosféricas a tierra se obtiene de las bases de datos histórica de rayos del EPRI AC Transmission Line Reference Book 2013 utilizando el Applet G-2 World Map of Ground Flash Density, a partir a partir de las coordenadas referencia de cada municipio o ciudad que está dentro del territorio de influencia del Grupo EPM. [5]. La Tabla 3 muestra, de manera esquemática, el mapa de densidades de descargas en el mundo, obtenido de esta fuente.

Figura 3 Mapa del mundo Densidades de descargas atmosféricas a tierra.



Fuente: Transmission Line Reference Book 200 kV and Above Third Edition.

A continuación, se presenta el valor del DDT para cada uno de los municipios que son atendidos por el Grupo EPM.

ZONA ANTIOQUIA

| ZONA ANTIOQUIA | |
|----------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Abejorral | 12,4 |
| Abriaquí | 9,6 |
| Alejandro | 15,6 |
| Amagá | 10,2 |
| Amalfi | 18,9 |
| Andes | 8,9 |
| Angelópolis | 10,3 |
| Angostura | 17,5 |
| Anorí | 19,2 |
| Antioquia | 10,6 |
| Anzá | 9,5 |
| Apartadó | 9,7 |
| Arboletes | 8,9 |
| Argelia | 14,2 |
| Armenia | 9,8 |
| Barbosa | 14,4 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Caramanta | 10,9 |
| Carepa | 10,2 |
| Carolina del Príncipe | 16,6 |
| Caucasia | 17 |
| Chigorodó | 10,6 |
| Cisneros | 16,7 |
| Ciudad Bolívar | 7,7 |
| Cocorná | 14 |
| Concepción | 14,8 |
| Concordia | 8,4 |
| Copacabana | 12,8 |
| Dabeiba | 11,7 |
| Don Matías | 14,1 |
| Ebéjico | 10,3 |
| El Bagre | 17,2 |
| El Carmen de Atrato | 7,7 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Guadalupe | 17,4 |
| Guarne | 13,1 |
| Guatapé | 14,9 |
| Heliconia | 10,4 |
| Hispania | 8,5 |
| Itagüí | 11,4 |
| Ituango | 15,6 |
| Jardín | 9,5 |
| Jericó | 9,6 |
| La Ceja | 12,5 |
| La estrella | 11,1 |
| La Pintada | 11,1 |
| La Unión | 12,8 |
| Liborina | 11,8 |
| Maceo | 16,5 |
| Marinilla | 13,5 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|----------------|------|
| Bello | 12,3 |
| Belmira | 12,6 |
| Betania | 8 |
| Betulia | 7,8 |
| Briceño | 17,6 |
| Buriticá | 11,2 |
| Cáceres | 19,2 |
| Caicedo | 8,5 |
| Caldas | 11 |
| Campamento | 18,3 |
| Cañasgordas | 10,5 |
| Caracolí | 15,8 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|----------------------|------|
| El Carmen de Viboral | 13,2 |
| El Peñol | 14,3 |
| El Retiro | 12,1 |
| El Santuario | 13,8 |
| Entrerriós | 13,7 |
| Envigado | 11,7 |
| Fredonia | 10,4 |
| Frontino | 10,6 |
| Giraldo | 10,5 |
| Girardota | 13,4 |
| Gómez Plata | 16,7 |
| Granada | 14,4 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|----------------|------|
| Medellín | 11,9 |
| Murindó | 11,7 |
| Mutatá | 11,5 |
| Nariño | 14 |
| Nechí | 15,8 |
| Necoclí | 8,4 |
| Olaya | 11,4 |
| Peque | 13,6 |
| Puerto Berrío | 14,4 |
| Puerto Nare | 14,4 |
| Puerto Triunfo | 13,9 |
| Remedios | 17,8 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|------------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Rionegro | 13,2 |
| Sabanalarga | 13,2 |
| Sabaneta | 11,3 |
| Salgar | 7,7 |
| San Andrés de Cuerquia | 15,2 |
| San Carlos | 15,7 |
| San Francisco | 14,3 |
| San Jerónimo | 11 |
| San José de la Montaña | 14,5 |
| San Juan de Urabá | 8,6 |
| San Luis | 15,1 |
| San Rafael | 16 |
| San Roque | 17 |
| San Vicente | 13,9 |
| Santa Bárbara | 11,4 |
| Santa Rosa de Osos | 14,9 |
| Santo Domingo | 15,8 |
| Segovia | 17,7 |
| Sonsón | 13,2 |
| Sopetrán | 11 |
| Támesis | 10,3 |
| Tarazá | 19,2 |
| Tarso | 9,2 |
| Titiribí | 9,5 |
| Toledo | 15,7 |
| Turbo | 8,9 |
| Uramita | 11,3 |
| Urrao | 8,3 |

| ZONA ANTIOQUIA | |
|------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Valdivia | 18,5 |
| Valparaíso | 11 |
| Vegachí | 17,5 |
| Venecia | 9,9 |
| Vigía del Fuerte | 11,4 |
| Yalí | 17,3 |
| Yarumal | 17,7 |
| Yolombó | 17,6 |
| Yondó | 11,4 |
| Zaragosa | 18,2 |

ZONA CALDAS Y RISARALDA

| ZONA CALDAS | |
|-------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Filadelfia | 10,6 |
| La Merced | 11,2 |
| Marmato | 11,2 |
| Riosucio | 10,2 |
| Supía | 10,7 |
| Riosucio | 10,2 |
| Manzanares | 12,7 |
| Marquetalia | 13,6 |
| Marulanda | 12,3 |
| Pensilvania | 13,5 |
| Anserma | 9 |
| Belalcázar | 8,1 |
| Risaralda | 8,9 |
| San José | 8,5 |
| Viterbo | 8 |
| Chinchiná | 9 |
| Manizales | 9,9 |
| Neira | 10,3 |
| Palestina | 9,1 |
| Villamaría | 9,7 |
| La Dorada | 13,4 |
| Norcasia | 14,7 |
| Samaná | 14,6 |
| Victoria | 13,6 |
| Aguadas | 12,3 |
| Aranzazu | 10,9 |
| Pácora | 12,3 |
| Salamina | 11,6 |

| ZONA RISARALDA | |
|---------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Apía | 7,8 |
| Balboa | 7,3 |
| Belén de Umbría | 8,4 |
| Dosquebradas | 8 |
| Guática | 9,2 |
| La Celia | 7,3 |
| La Virginia | 7,5 |
| Marsella | 8,2 |
| Pueblo Rico | 7,7 |
| Quinchía | 9,7 |
| Santa Rosa de Cabal | 8,4 |
| Santuario | 7,6 |

| ZONA QUINDÍO | |
|--------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Armenia | 6,7 |
| Calarcá | 6,7 |
| Circasia | 7,1 |
| Salento | 7,4 |
| Filandia | 7,2 |
| Montenegro | 6,6 |
| Quimbaya | 6,8 |
| Génova | 6 |
| Buenavista | 6,2 |
| Córdoba | 6,4 |
| Pijao | 6,3 |
| La Tebaida | 6,3 |

ZONA SANTANDER

| ZONA SANTANDER | |
|----------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Aguada | 7,3 |
| Albania | 9,6 |
| Aratoca | 3 |
| Barbosa | 4,5 |
| Barichara | 4,8 |
| Barrancabermeja | 10,8 |
| Betulia | 5,5 |
| Bolívar | 9,4 |
| Betulia | 5,5 |
| Bucaramanga | 4,8 |
| Cabrera | 5 |
| California | 5,3 |
| Capitanejo | 2,7 |
| Carcasí | 2,7 |
| Cepitá | 2,9 |
| Cerrito | 2,8 |
| Charalá | 4,5 |
| Charta | 4,9 |
| Chima | 6,1 |
| Chipitá | 8,3 |
| Cimitarra | 11,2 |
| Concepción | 2,8 |
| Confines | 5,1 |
| Contratación | 6,9 |
| Coromoro | 3,7 |
| Curití | 3,4 |
| El Carmen de Chucurí | 7,3 |
| El Guacamayo | 7,1 |
| El Peñón | 9,8 |

| ZONA SANTANDER | |
|----------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| El Playón | 7,2 |
| Encino | 4,6 |
| Enciso | 2,7 |
| Florián | 10,2 |
| Floridablanca | 4,4 |
| Galán | 5,3 |
| Gámbita | 6,2 |
| Girón | 5 |
| Guaca | 3 |
| Guadalupe | 6,5 |
| Guapotá | 5,8 |
| Guavatá | 8,7 |
| Güepsa | 7,7 |
| Hato | 5,4 |
| Jesús María | 9,1 |
| Jordán | 3,8 |
| La Belleza | 10,4 |
| La Paz | 7,9 |
| Landázuri | 9,9 |
| Lebrija | 5,6 |
| Los Santos | 3,8 |
| Macaravita | 2,6 |
| Málaga | 2,7 |
| Matanza | 5,4 |
| Mogotes | 2,8 |
| Molagavita | 2,8 |
| Ocamonte | 4,2 |
| Oiba | 5,7 |
| Onzaga | 3,1 |

| ZONA SANTANDER | |
|------------------------|------------------------------------|
| Municipio | DDT [Rayos/km ² x Year] |
| Palmar | 5,3 |
| Palmas del Socorro | 5,4 |
| Páramo | 4,4 |
| Piedecuesta | 3,6 |
| Pinchote | 4,2 |
| Puente Nacional | 8,3 |
| Puerto Parra | 12,4 |
| Puerto Wilches | 12,5 |
| Rionegro | 5,9 |
| Sabana de Torres | 8 |
| San Andrés | 2,9 |
| San Benito | 7,2 |
| San Gil | 3,9 |
| San Joaquín | 2,9 |
| San José Miranda | 2,7 |
| San Miguel | 2,7 |
| San Vicente de Chucurí | 6,6 |
| Santa Bárbara | 3,1 |
| Santa Helana de Opón | |
| Simacota | 5,7 |
| Suaita | 6,8 |
| Sucre | 9,3 |
| Suratá | 5,6 |
| Tona | 4,4 |
| Valle de San José | 4,1 |
| Vélez | 8,6 |
| Vetas | 4,8 |
| Villanueva | 4,4 |
| Zapatoca | 5,3 |

ZONA NORTE DE SANTANDER

| ZONA NORTE DE SANTANDER | |
|--------------------------------|--|
| Municipio | DDT [Rayos/km² x Year] |
| Chinácota | 5,1 |
| Herrán | 4 |
| Ragonvalia | 4,3 |
| Durania | 5,9 |
| Bochalema | 5,3 |
| Pamplonita | 4,5 |
| Cácota | 3,8 |
| Mutiscua | 4 |
| Labateca | 3,5 |
| Chitagá | 3,4 |
| La Zulia | 6,6 |
| San Cayetano | 6,4 |
| Santiago | 7,2 |
| Sardinata | 9,5 |
| Bucarasica | 9,7 |
| Cucutilla | 5,6 |
| Salazar de las Palmas | 7,4 |
| Lourdes | 8,7 |
| Arboledas | 6,4 |
| Villa Caro | 8,2 |
| Puerto Santander | 8,3 |

| ZONA NORTE DE SANTANDER | |
|--------------------------------|--|
| Municipio | DDT [Rayos/km² x Year] |
| Hacarí | 8 |
| La Playa | 12,5 |
| San Calixto | 14,2 |
| Teorama | 14,4 |
| Convención | 14,7 |
| El Carmén | 14,9 |
| Abrego | 11,4 |
| El Tarra | 15,3 |
| Cáchira | 8,6 |
| Cucuta | 5,7 |
| Villa del Rosario | 5,3 |
| Los Patios | 5,4 |
| Gramalote | 8 |
| Toledo | 3,5 |
| Santo Domingo de Silos | 3,9 |
| Pamplona | 4,3 |
| Ocaña | 12,8 |
| La Esperanza | 8,7 |
| Tibú | 13,2 |
| La Esperanza | 8,7 |

ZONA CESAR-BOLIVAR

| ZONA CESAR Y BOLÍVAR | | |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Municipio | Departamento | DDT [Rayos/km2 x Year] |
| San Alberto | Cesar | 9,5 |
| San Martín | Cesar | 10,8 |
| Río de Oro | Cesar | 13,2 |
| Gonzalez | Cesar | 14 |
| Pelaya | Cesar | 15,2 |
| Gamarra | Cesar | 13,6 |
| Aguachica | Cesar | 13,4 |
| La Gloria | Cesar | 15,2 |
| Morales | Bolívar | 13,4 |