

Tormentas eléctricas.

Análisis y controles en el SG-SST



Carlos Miguel Farias Malagón
Director del Observatorio de Accidentes por Tormentas Eléctricas de Colombia (OATEC).

Perito judicial en SST.



Las tormentas eléctricas son un fenómeno meteorológico y eléctrico de origen natural que se constituyen en un evidente peligro para la vida e integridad de los trabajadores que, debido a la naturaleza de sus labores y la actividad económica en la que trabajan, están expuestos a ellas.

En algunas empresas y organizaciones los responsables del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) se han visto sorprendidos por accidentes la-

borales de este tipo, debido a que, al ser de baja frecuencia, no son tenidos en cuenta en el momento de realizar análisis del nivel de riesgo. Además, al no estar explícitos en la tabla de peligros de la Guía Técnica Colombiana (GTC 045) los dejan en segundo plano y, por consiguiente, se omiten controles apropiados que, aunque no están en la reglamentación legal, sí existen en normas técnicas nacionales e internacionales que deberían considerarse dado que sus efectos son altamente graves y letales para los trabajadores.

En ocasiones se ha identificado desconocimiento sobre cómo abordar técnicamente los controles efectivos en este sentido, lo

que los hace difíciles de prevenir y controlar y se cometen fallas al momento de estructurar, recomendar, adquirir y desarrollar sistemas y planes que se ajusten a los parámetros técnicos y científicos aprobados y reconocidos.

Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE) - Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) código X33 correspondiente a víctima por rayo y a los informes periódicos del Observatorio de Accidentes por Tormentas Eléctricas de Colombia (OATEC), en el país se presentan un promedio anual de 60 a 65 fatalidades prematuras por accidentes derivados de los efectos de los rayos. También señalan que no se dispone de datos de los accidentes graves y leves por esta misma causa.

En la revisión de otros observatorios y fuentes de datos relacionados con los riesgos laborales en Colombia se identifica que no tienen caracterizado

La aplicación de metodologías y controles objetivos con fundamentos técnicos y científicos permite prevenir accidentes por tormentas eléctricas”.

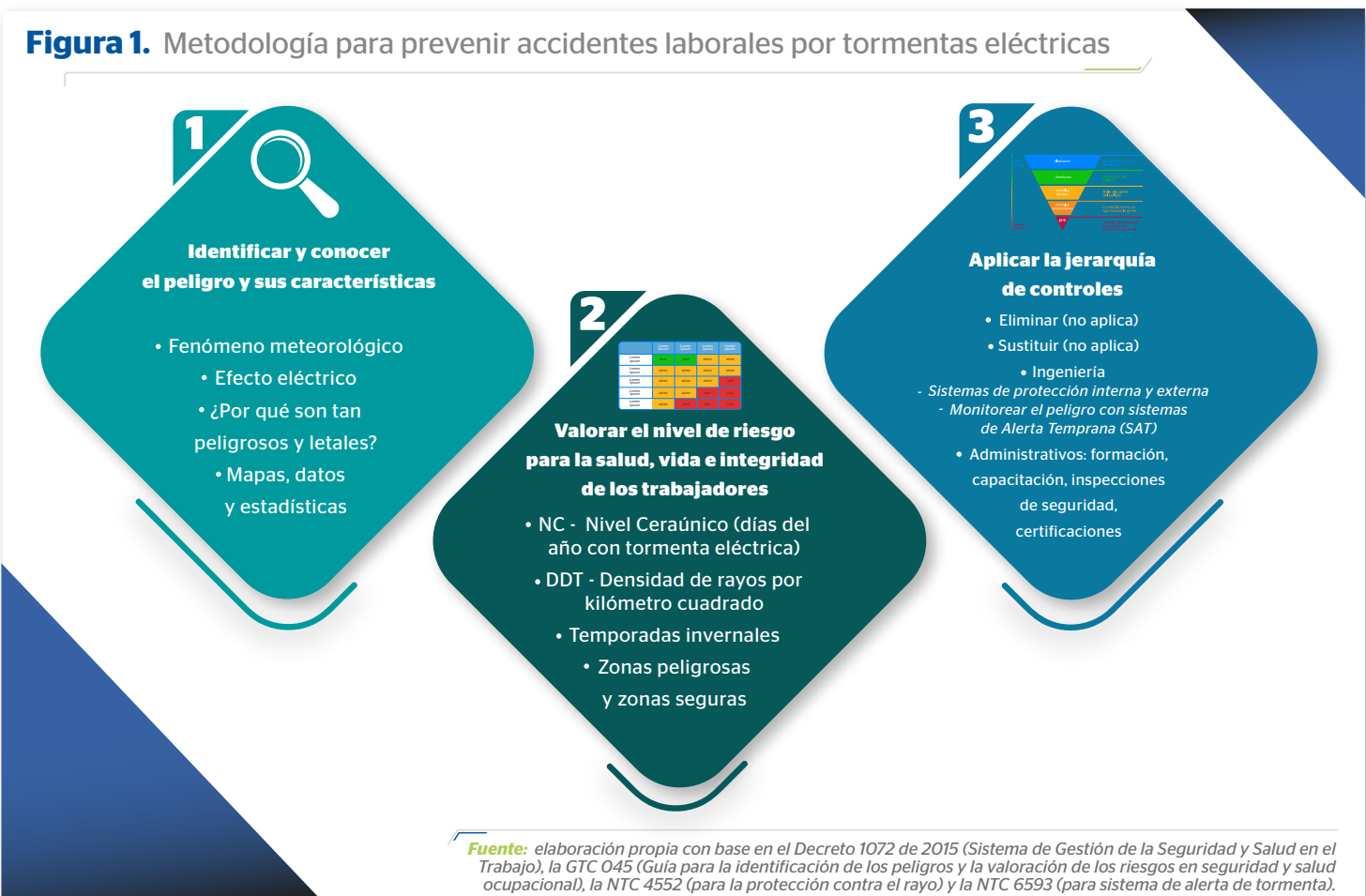
este tipo de accidentes. Lo importante es que son reales y evidentes, e incluso, se conocen por los diferentes medios de comunicación afectando a trabajadores de sectores como agricultura, ganadería, silvicultura, electricidad, petróleo, gas, minería, actividades turísticas (excursiones),

recreación, deportes, fuerzas armadas, educación, entre otros.

Sin embargo, es importante mencionar que, en el ámbito de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) sí se pueden y deben prevenir este tipo de accidentes mediante la aplicación de metodologías y controles objetivos con fundamentos técnicos y científicos. No es conveniente basarse en mitos ni en métodos tradicionales sin un fundamento serio y comprobado porque constituyen otro factor de riesgo que vulnera la vida e integridad de las personas expuestas.

Por todo lo anterior, en la actualidad las tormentas eléctricas representan un verdadero desafío para los responsables del sistema de gestión de SST, ya que es su deber profesional proveer seguridad a los trabajadores expuestos a este peligro de origen natural, aplicando metodológicamente el deber de protección y los principios de prevención y precaución.

Figura 1. Metodología para prevenir accidentes laborales por tormentas eléctricas



1. Conocimiento y características del peligro: el rayo

En las tormentas eléctricas, el peligro identificado es la descarga eléctrica proveniente de la nube de tormenta, la cual causa directamente el accidente y las lesiones que pueden ser leves, graves o mortales en los trabajadores. También causa otros efectos y pérdidas como incendios en depósitos de combustible, explosiones, averías a estructuras y a los equipos eléctricos y electrónicos; muerte a los animales de apoyo operacional, de seguridad alimentaria y mascotas; daños al medio ambiente; afectaciones a las redes eléctricas; perturbaciones a las operaciones civiles y militares, entre otros efectos colaterales cercanos.

1.1. Datos técnicos

La tormenta eléctrica consiste en un fenómeno de condiciones meteorológicas adversas y severas, con descargas eléctricas de gran intensidad en cuatro direcciones: intra-nube, entre nubes, desde las nubes hacia la estratosfera y de nube a tierra (que es el fenómeno abordado en este artículo). Se considera tormenta eléctrica cuando, mínimo, se produce un rayo en cualquiera de estas direcciones.

Aunque en realidad, en algunos casos, los rayos pueden alcanzar distancias superiores a los cien kilómetros, para efectos preventivos y de SST se consideran peligrosos los menores o iguales a los quince kilómetros, distancia razonable y suficiente para establecer niveles de alerta para la seguridad de los trabajadores y garantizar la continuidad de las operaciones y la economía en los diferentes sectores económicos, evitando interrupciones de labores innecesarias¹.

Los rayos de tormenta también se caracterizan por tener de uno a tres centímetros de diámetro y alcanzan temperaturas de hasta 30.000 grados Celsius y en la descarga se producen entre 3000 a 200.000 amperios, temperatura y corriente suficiente para causar daños y pérdidas accidentales de manera significativa.

Debido a que la composición de los

seres humanos es en su mayoría agua (en los adultos alcanza el 60 % y en menores de edad el 70 %), las personas son conductoras de electricidad y en un entorno abierto, son facilitadoras de la descarga a tierra. Por lo tanto, cuando un rayo impacta directamente a una persona, la electricidad atraviesa su cuerpo, provocando lesiones graves y, casi siempre, la muerte.

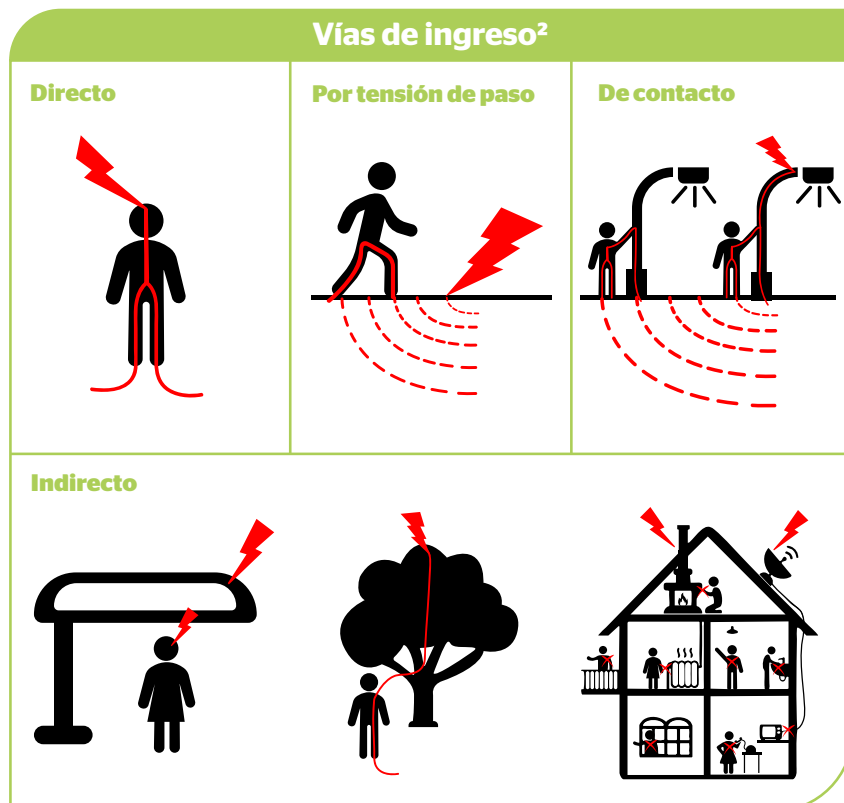
En ese sentido, se puede inferir que las descargas eléctricas de los rayos no son caprichosas, ni aleatorias, ni mucho menos designios del destino. Por el contrario, según estudios científicos que datan desde mediados del siglo XVII desarrollados por el científico estadounidense Benjamín Franklin, son fenómenos eléctricos y físicos que, aunque no

se pueden evitar, si son ampliamente controlables para prevenir en alguna medida sus efectos negativos sobre la humanidad y el entorno.

1.2. Vías de ingreso de la corriente del rayo en el cuerpo humano

Tan solo el 2 % de los accidentes por rayos se produce por impacto directo sobre la humanidad de la víctima. En el 98 % restante, la corriente del rayo ingresa en forma indirecta y los casos más frecuentes son por corriente de paso o de contacto a través de la superficie terrestre, es decir, de los árboles, estructuras, redes e instalaciones eléctricas, gasoductos, oleoductos, vías férreas, alambradas e inclusive haciendo arco hacia las personas.

Figura 2. Vías de ingreso de la corriente del rayo en el cuerpo humano



Fuente: elaboración propia basado en NBR - 16785: protección contra descargas atmosféricas.

¹ Estas distancias pueden ser ajustadas de acuerdo con los niveles de riesgo resultado de los análisis específicos, hechos por los gestores de HSE o SST.

1.3. Efectos de los rayos sobre el ser humano

Es importante resaltar que las lesiones causadas por tormentas eléctricas suelen ser graves y de diferente tipo. Cuando una persona es alcanzada por un rayo, éste le puede producir los siguientes efectos:

- Quemaduras por fulguración
- Daño al sistema nervioso
- Lesiones en órganos internos
- Discapacidad permanente
- Efectos en la piel, ojos y oídos
- Paro cardiorrespiratorio
- La muerte

Al igual que el análisis de accidentes laborales por otro tipo de causas, los correspondientes a tormentas eléctricas son multicausales: por errores humanos, fallas técnicas y/o administrativas, factores del entorno y operacionales, entre otras. Este análisis se presentará en un próximo artículo dada la extensión y profundidad de cada una.

2. Valoración de nivel de riesgo sugerido

Tabla 1. Valoración de nivel de riesgo sugerido

Nivel de riesgo	Parámetros mínimos sugeridos	Sí	No
Riesgo alto	Zonas rurales que cumplan la totalidad de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • DDT³ (cantidad de rayos por kilómetro cuadrado) igual o superior a cinco (5). <i>Consultar NTC 4552</i> • Nivel ceraúnico⁴, igual o superior a cien (100). <i>Consultar NTC 4552</i> • Con antecedentes de incidentes o accidentes leves, graves o mortales a causa de tormentas eléctricas en el sector. 		
Riesgo medio	Zonas rurales o semi urbanas que cumplan las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • DDT (cantidad de rayos por kilómetro cuadrado) de uno (1) a cinco (5). • Nivel ceraúnico (NC días del año con, por lo menos, una descarga eléctrica, rayo), entre cincuenta (50) a cien (100). • Historial con incidentes y accidentes leves, graves o mortales a causa de tormentas eléctricas en el sector. 		
Riesgo bajo	Instalaciones urbanas: <ul style="list-style-type: none"> • DDT (cantidad de rayos por kilómetro cuadrado) inferiores a uno (1). • Nivel ceraúnico (NC días del año con, por lo menos, una descarga eléctrica, rayo), inferiores a cincuenta (50). • Sin historial de incidentes ni accidentes leves, graves o mortales a causa de tormentas eléctricas en el sector. • Con sistemas de protección contra rayos, calculados y certificados con vigencia superior a un año. 		
Riesgo tolerable	Instalaciones urbanas con sistemas de protección contra rayos calculados y certificados con vigencia menor a un año.		

En todo caso, cuando la vida esté en riesgo, nunca será un riesgo tolerable.

Fuente: elaboración propia.

3. Jerarquía de controles para las tormentas eléctricas

Según el Decreto 1072/2015, artículo 2.2.4.6.24 la jerarquía de controles para las tormentas eléctricas son las siguientes:

3.1. Eliminación. A la fecha se desconoce a nivel mundial cómo eliminar el peligro (rayo de tormenta eléctrica). Por lo tanto, no existe propuesta de solución en este sentido.

3.2. Sustitución. Actualmente tampoco se conoce cómo reemplazar el

peligro (rayos) por otros que generen menor riesgo. Por consiguiente, para este segundo ítem tampoco se presenta propuesta de control.

3.3. Controles de ingeniería

3.3.1. Monitorear y alertar el peligro

Es fundamental realizarlo con sistemas

³ Cantidad de rayos por kilómetro cuadrado

⁴ NC: promedio de días del año con por lo menos una descarga eléctrica.

de monitoreo, detección y alerta temprana (SAT) según su clasificación: A, B, C y D, dependiendo de la necesidad, recursos y efectividad. Para este fin, se puede consultar la norma NTC 6593 'Sistema de alertas de tormenta'. Estos sistemas tienen la ventaja de monitorear directamente los diversos centros de trabajo y sus coordenadas, así como lanzar alertas oportunas por diferentes medios de comunicación disponibles, inclusive por WhatsApp, cuando existe una tormenta en formación o en curso sobre la zona monitoreada.

Los detectores de tormentas eléctricas tanto terrestres como satelitales de la clase A y B, locales o remotos, que pueden ser adquiridos

mediante suscripción a plataformas que brindan este servicio, se constituyen en una valiosa herramienta para trabajos de meteorología, seguridad aérea y naval; seguridad y salud en el trabajo; seguridad en redes, equipos y sistemas eléctricos; prevención de incendios forestales, gestión del riesgo, operaciones militares e industriales, peritajes, entre otros.

Estos sistemas de detección y alerta temprana serán inútiles si la información no se difunde en forma veraz y oportuna. Para ello, es necesario implementar procedimientos operativos permanentes en los centros de trabajo o de operaciones

con responsables, instrucciones claras y medios para notificar el peligro de rayos al personal expuesto, salvavidas y brigadistas, con el fin de activar el protocolo de seguridad en caso de ser necesario.

Actualmente, existen técnicas como la de 30/30, que consiste en que al ver un rayo se cuenta hasta treinta y si se escucha el trueno antes de llegar al conteo de los treinta segundos, significa que la tormenta eléctrica está lo suficientemente cerca como para ser peligrosa. Sin embargo, con esta maniobra se corre el riesgo de detectar tormentas eléctricas en forma tardía dentro del perímetro y rango de peligro.

3.3.2. Estados de alerta sugeridos para configurar los sistemas de detección y alerta temprana

Tabla 2. Estados de alerta

Estado de alerta	Causa	Acción recomendada
Verde	Cuando no hay actividad de rayos o tormenta eléctrica.	Se desarrollan operaciones normales.
Amarilla	Indica que inicia y existe actividad de tormenta eléctrica en un perímetro que oscila entre 15 y 10 kilómetros con referencia a las coordenadas del centro de trabajo monitoreado.	La persona responsable asignada en protocolo recibe la información y se prepara por si sube de nivel.
Naranja	Indica actividad de tormenta eléctrica en un perímetro que varía entre 10 y 5 kilómetros.	Se informa a los jefes de área y brigadistas, quienes se preparan de acuerdo con el protocolo preestablecido.
Roja	Indica actividad de tormenta eléctrica en un perímetro menor a cinco kilómetros con referencia al centro de trabajo. Nivel de riesgo alto, alta probabilidad de descarga de rayos sobre el área monitoreada.	Se activa la alarma, los trabajadores toman posiciones de seguridad y actúan de acuerdo con el protocolo.
Verde	Tormenta disipada ya fuera del rango de peligro.	Una vez pasada la tormenta, el receptor de la información notifica las condiciones y se retoman las labores normalmente.

Fuente: elaboración propia con base en los estados de alerta de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).

3.3.3. Sistema de protección contra rayos

Su diseño no debe tomarse a la ligera porque debe corresponder a cálculos de ingeniería eléctrica establecidos por normas nacionales e internacionales, ejemplo la NTC 4552, o su equivalente internacional, la IEC 62305, que también aborda la protección contra rayos, establece principios y procedimientos para evaluar el riesgo y para diseñar sistemas de protección.

Para áreas remotas u operaciones en campamentos deberían emplearse o adecuarse refugios contra tormentas eléctricas basados en los principios de la jaula de Faraday y captadores tipo Franklin.

3.4. Controles administrativos

3.4.1. Protocolos de seguridad

Algunos de los controles administrativos consisten en la elaboración, difusión y entrenamiento en protocolos

de seguridad a seguir antes, durante y después de las tormentas eléctricas que podrían ser desarrollados o actualizados específicamente (siguiendo parámetros generales y particulares) por los responsables de SST y/o la participación de los ingenieros eléctricos, el Comité Paritario de SST (COPASST) e, incluso, con el apoyo de las ARL o asesoría externa. Los protocolos de seguridad contra tormentas eléctricas deberían ser un anexo de los planes de emergencia.

3.4.2. Señalización de zonas seguras y áreas peligrosas

3.4.3. Capacitación y entrenamiento

La formación a brigadistas y salvavidas sobre manejo de pacientes impactados por rayos a través de charlas, videos, campañas, simulaciones, simulacros, afiches, circulares, entre otros.

3.4.4. Empleo de análisis y permisos de trabajo cuando a criterio de SST o la norma lo exija

3.5. Equipos y elementos de protección personal

No existen, o al menos se desconocen, elementos de protección personal para proteger a los trabajadores frente las tormentas eléctricas.

3.6. Investigación de incidentes y accidentes por tormentas eléctricas

Según la Resolución 1401 de 2007, parágrafo del artículo 7 y metodología acordada en el momento en que se presente un accidente o incidente por tormenta eléctrica se debe integrar a una persona con experiencia al equipo investigador de incidentes y accidentes de las empresas para establecer técnicamente las causas y medidas correctivas del caso.

Por todo lo anterior, se puede concluir que, los accidentes por tormentas eléctricas si se pueden y deben prevenir. ☞



Referencias

Ávila Chaurand, R., Prado León, L.R., González Muñoz, E.L. (2007). Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile.

CDC. Centro para el control y prevención de enfermedades (2014). Consejos de seguridad al aire libre, los rayos.

DANE. Defunciones No Fatales 2022 - Preliminar.

James L. Lewis III. (2024). Introducción al agua corporal. Brookwood Baptist Health and Saint Vincent's Ascension Health. Birmingham. Revisado/Modificado. Recuperado de <https://www.weather.gov/safety/lightning-science>.

Keraunos. Keraunos - Inteligencia sobre rayos y tiempo a la medida de nuestros clientes.

Ministerio del Trabajo de Colombia. Decreto 1072 de 2015. Seguridad y Salud en el Trabajo.

NTC 4552. Sistemas de protección contra rayos.

NTC 6593. Sistemas de monitoreo y alerta por tormenta eléctrica para prevenir accidentes.

NTC-IEC 62561-7:2022. Componentes de los sistemas de protección contra el rayo (CPCR). Requisitos para los compuestos que mejoran las puestas a tierra. Requisitos para los contadores de impactos de rayos.

OATEC. (2023). Informe de accidentes por tormentas eléctricas en Colombia. OATEC - Keraunos.

OMS. Efectos de los rayos sobre el ser humano diciembre 2022.

OSHA - DTSEM FS-4046 06/2021 Lightning safety when working outdoors – Spanish. Seguridad contra los rayos en trabajos exteriores.

RETIE. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas que incluye pararrayos y puesta a tierra.

RTVE. (2010). Historias de la ciencia. Benjamín Franklin y la electricidad. Recuperado de <https://www.rtve.es/noticias/20100517/benjamin-franklin-electricidad/331621.shtml>

