

Electric field compensation technology as an alternative solution for the reduction of atmospheric discharges in Peru

Marlen Miguel Ortiz Fernández, Bachiller en Ingeniería Eléctrica¹, Jessica Meza-Zamata, Maestro en Ingeniería Eléctrica², Luis Arellan-Yanac, Maestro en Regulación de Servicios Públicos², Fernando Mendoza-Apaza, Doctor en Ingeniería Eléctrica², Jacob Astocondor-Villar, Doctor en Ingeniería Eléctrica², Fernando Hoyos-Rivas, Doctorando en Ingeniería Eléctrica², Miguel Benites-Gutiérrez, Doctor en Ciencias e Ingeniería³

¹Universidad San Agustín de Arequipa, Perú, mortizf@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional del Callao, Perú, jmezaz@unac.edu.pe, larellany@unac.edu.pe, fmendozaa@unac.edu.pe, jastocondorv@unac.edu.pe, fahoyosr@unac.edu.pe,

³Universidad Nacional de Trujillo, Perú, mбенites@unitru.edu.pe

Summary. - The objective of this article is to analyze the electric field compensation technology for the reduction of atmospheric discharges in Peru. This is a new technology whose purpose is to balance the existing field in its environment. "A balanced charge will not create a condition for a lightning strike by nullifying the formation of the upward tracer, neutralizing the possibility of discharge". The principle of operation of this type of technology invented by Nikola Tesla in 1918 in his patent No. 1 266 175, which was based on passive sensors of electro atmospheric charges, balancing the atmosphere of charges that could form the lightning, making impossible the formation of the upward tracer, suggesting that lightning rods instead of protecting property and people were a danger to society. This type of technology, like many others, has the objective of protecting people, animals and structures in terrestrial installations and open field facilities against any electrical phenomenon whose means of transport is the air, taking into account that the system behaves passively at the level of prevention.

Keywords. - Electric field compensation, technology, lightning discharge, Peru.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

La tecnología de compensación de campo eléctrico como alternativa de solución para la disminución de las descargas atmosféricas en el Perú

Marlen Miguel Ortiz Fernández, Bachiller en Ingeniería Eléctrica¹, Jessica Meza-Zamata, Maestro en Ingeniería Eléctrica², Luis Arellan-Yanac, Maestro en Regulación de Servicios Públicos², Fernando Mendoza-Apaza, Doctor en Ingeniería Eléctrica², Jacob Astocondor-Villar, Doctor en Ingeniería Eléctrica², Fernando Hoyos-Rivas, Doctorando en Ingeniería Eléctrica², Miguel Benites-Gutiérrez, Doctor en Ciencias e Ingeniería³

¹Universidad San Agustín de Arequipa, Perú, mortizf@unsa.edu.pe

²Universidad Nacional del Callao, Perú, jrmezaz@unac.edu.pe, larellany@unac.edu.pe, fmendozaa@unac.edu.pe, jastocondorv@unac.edu.pe, fahoyosr@unac.edu.pe,

³Universidad Nacional de Trujillo, Perú, mbenites@unitru.edu.pe

Resumen. - El presente artículo tiene como objetivo, analizar la tecnología de compensación del campo eléctrico, para la disminución de las descargas atmosféricas en el Perú. Esta es una nueva tecnología el cual tiene como fin el de equilibrar el campo existente en su entorno. “Una carga equilibrada no creará una condición para un rayo anulando la formación del trazador ascendente, neutralizando la posibilidad de descarga”. El principio de funcionamiento de este tipo de tecnología inventado por Nikola Tesla en 1918 en su patente N° 1 266 175, el cual se basaba en sensores pasivos de cargas electro atmosféricas, equilibrando la atmósfera de cargas que pudieran formar el rayo, imposibilitando la formación del trazador ascendente, sugiriendo que los pararrayos en vez de proteger la propiedad y las personas eran un peligro para la sociedad. Este tipo de tecnología como muchas otras tiene el objetivo de resguardar personas, animales y estructuras en instalaciones terrestres y facilidades a campo abierto; contra cualquier fenómeno eléctrico cuyo medio de transporte sea el aire, teniendo en cuenta que el sistema se comporta en forma pasiva a nivel de prevención

Palabras claves. - Compensación de campo eléctrico, tecnología, descarga de rayos, Perú.

I. INTRODUCCIÓN

Las descargas atmosféricas son un fenómeno de la naturaleza reiterativo e ineludible como la lluvia, una nevada o el viento mismo. Existen señales claras que preceden la ocurrencia de descargas atmosféricas, ya sea el instante, el lugar o la intensidad de las mismas, resulta casi imposible predecir con certeza su manifestación.

Si bien las fallas producidas por los rayos en la infraestructura eléctrica son, mayormente, de naturaleza temporal por la actuación de los equipos de protección, tales como reconectores y seccionadores, estas situaciones son cada vez menos aceptadas por los clientes debido a la mayor utilización de equipos sensibles, tales como computadoras y equipos de control digital de procesos productivos. Asimismo,

del COVID-19, se ha implementado, la aplicación de los métodos de educación a distancia, donde las interrupciones de suministro eléctrico temporales o sostenidas tienen un impacto muy negativo.

Según su intensidad existen medidas de seguridad que pueden evitar accidentes e incluso la muerte por exposición al mismo. Entre los peligros reales en el entorno electromagnético, las descargas de un rayo adquieren una importancia particular ya que se estima que en nuestro planeta existen simultáneamente unas 2000 tormentas y que cerca de 100 rayos descargan sobre la tierra cada segundo. Y esto condiciona de forma determinante las medidas de protección que se han de adoptar dentro del ámbito de los fenómenos electromagnéticos. El propósito de la protección descargas atmosféricas tiene por objetivo controlar (No eliminar) el fenómeno natural.

Para controlar este fenómeno se realiza un estudio de protección contar rayos, el cual debe proporcionar toda la información necesaria, que permita construir una infraestructura eléctrica confiable para la protección contra descargas atmosféricas. Debe de contener suficiente detalle que permita su interpretación en campo para la construcción correspondiente. También se debe considerar la normativa existente durante la instalación.

Uno de los problemas que afectan la operación de la infraestructura eléctrica son las grandes sobretensiones provocadas por las emisiones atmosféricas, cuando el sistema eléctrico atraviesa lugares con alta densidad de emisiones atmosféricas (Niveles cerámicos), debido a la diferente ubicación geográfica de los territorios del país. Los picos de descarga atmosférica son causados por rayos en líneas aéreas que golpean directamente los conductores de fase, los cables de protección, las estructuras o el terreno circundante, lo que puede causar cortes de energía [2].

Es importante que las empresas eléctricas y las industrias, mantengan un suministro eléctrico continuo con pequeñas interrupciones, es decir, tener una calidad de suministro

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).

DO NOT REMOVE

aceptable. Para evaluar la calidad del suministro eléctrico se deben tener en cuenta métricas que midan el número de cortes de energía, la duración del corte y por ende la energía no entregada.

Los indicadores técnicos utilizados son SAIDI y SAIFI. Debido a la interrupción continua del suministro eléctrico por emisiones atmosféricas, se imponen penalidades y sanciones con multas fijadas por OSINERGMIN en cada período de evaluación de la calidad del suministro. Conociendo este problema, es necesario implementar dispositivos de protección para reducir el número de interrupciones y garantizar un suministro continuo de energía eléctrica. En la figura 1, se observa que las desconexiones en las líneas eléctricas en el Perú están en un 60% por descargas atmosféricas.

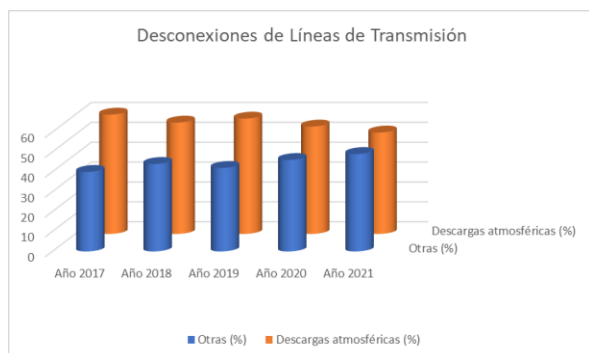


Figura 1: Desconexiones de líneas de transmisión anual. Fuente. – OSINERGMIN

Las Descargas Eléctricas Atmosféricas (DEAT) constituyen el mayor de los disturbios electromagnéticos con características propias de un fenómeno climático es decir con estacionalidad del momento del año en el que pueden ocurrir con mayor probabilidad, pero con mucha variabilidad en cuanto a tipo, cantidad o intensidad que afecta el desempeño de los sistemas e instalaciones eléctricas vulnerables en todo el mundo, siendo la principal causa de interrupción de servicio de las líneas de transmisión eléctrica así como de daños en redes de distribución y equipos electrónicos sensibles [3].

Adicionalmente al perjuicio técnico y económico, pueden provocar lesiones a los seres humanos causando en ocasiones la muerte tal como se reportan en los registros del Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres (SINAD) del Instituto de Defensa Civil del Perú. Dichos argumentos han encaminado a muchos investigadores a enfocar su trabajo en el estudio de las descargas eléctricas atmosféricas, basándose en observaciones, mediciones, pruebas o en principios físicos de la descarga.

En el Perú existen varias zonas con alto riesgo de descargas atmosféricas (Zona altoandina y de selva), en donde es frecuente observar este tipo de actividad natural por lo que se torna indispensable proteger un área definida contra estos sucesos y de esta manera proteger el estado de tanto de las instalaciones como de las personas. Así mismo, en el Perú, se tienen sistemas mixtos, americanos, europeos, con diferentes

actores como empresas eléctricas, importantes clientes libres, consultores, contratistas y académicos han adoptado diferentes enfoques en la selección de referidos, con resultados insatisfactorios [4]. A pesar de que la mayoría de las personas han recibido información sobre pararrayos, muy pocos reconocen su importancia ni están enterados del procedimiento de diseño doméstico o industrial. De esa forma se busca mostrar una herramienta contra estos tipos de descargas atmosféricas.

Actualmente existen diversas herramientas computacionales que ayudan a obtener información geográfica y así poder prevenir este acontecimiento, sin embargo, cada caso para la formación del rayo es diferente y eso dependerá tanto del uso como de la ubicación geográfica donde se ubique [1].

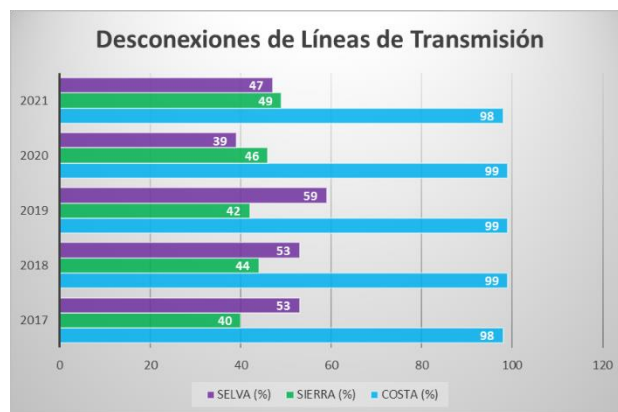


Gráfico 2: Desconexiones de líneas de transmisión por regiones. Fuente. - OSINERGMIN.

En la NASA, existe una estadística de rayos, con ayuda de este instrumento se puede registrar el momento de la ocurrencia de un rayo, aparte de que también mide la energía radiante y también estima la ubicación durante el día y la noche con una alta eficiencia de detección.

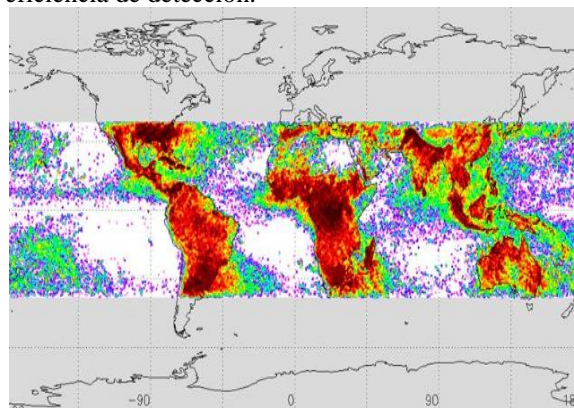


Gráfico 3: Mapa isoceráunico Fuente. – GHRC DAAC



Asimismo en el Perú, hay un proyecto piloto de monitoreo de Descargas Atmosféricas (PPMDA) ejecutado por OSINERGMIN, mediante la plataforma en línea de Vaisala (GLD360) y el análisis mediante software (Thunderstorm Manager y Vaisala LTS2005), con la finalidad de construir el


Mapa Ceraunico del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), mediante programas para el monitoreo de descargas atmosféricas en tiempo real [5].

III. MÉTODOS

La mejor estrategia para la generación de rayos es evitar que caigan en alguna parte. La tecnología disponible en la actualidad utiliza principalmente tipos de limitadores desionizados. Esta tecnología extrae electrones de la nube cargada a medida que pasa por el área, sin permitir que la carga se acumule lo suficientemente alto como para alcanzar un valor crítico en el que podría ocurrir un rayo. Cuando la nube cruza el sitio y deja el área libre de varillas, la carga se acumulará nuevamente y el rayo puede volver a impactar en el suelo a cierta distancia del sitio protegido. Una vez instalado, el pararrayos de ionización proporciona un paraguas protector completo y, con la inspección y el mantenimiento adecuados del fabricante, nunca más tendrá que preocuparse por los rayos. La experiencia de campo muestra que las tormentas eléctricas se observan cerca del suelo. Cuando la tormenta llega a la zona de protección contra rayos, la actividad de los rayos se detiene. Después de que la tormenta abandonó el área protegida, las nubes se recargaron y se reanudaron los relámpagos [6].

Esta nueva tecnología dependerá del tipo de rayo que se originen, referente a eso se verá los tipos de rayo [7].

<p>1. Rayo intranube</p>	<p>Este tipo de relámpagos puede ocurrir entre áreas de nubes que no están en contacto con el suelo. Cuando ocurre entre dos nubes separadas se llama relámpago entre nubes y cuando ocurre entre zonas de diferente potencial eléctrico, dentro de una sola nube, se llama rayo intranube. Los rayos dentro de las nubes son el tipo que ocurre con mayor frecuencia.</p>	
<p>2. Relámpago de nube a tierra</p>	<p>CG (Cloud to Ground) es el tipo más conocido y el segundo más común. De todos los tipos de rayos, este representa la más grande amenaza a la vida y la propiedad, ya que impacta contra el suelo. El rayo de nube a tierra es una</p>	

	<p>descarga entre una nube cumulonimbus y el suelo. Comienza con un golpe inicial que se mueve desde la nube hacia abajo.</p>	
<p>3. Relámpagos de tierra a nube GC (Ground to Cloud)</p>	<p>Los rayos tierra-nube (a veces llamados rayo ascendente) es una descarga entre la tierra y una nube cumulonimbo, que se iniciada por un rayo inicial ascendente; es mucho más raro que los rayos tierra-nube. Este tipo de rayo se forma cuando los iones cargados negativamente, se elevan desde el suelo y se encuentran con iones cargados positivamente cargados en una nube cumulonimbus. El rayo vuelve a tierra en forma de rastro. son comunes en torres altas y rascacielos pueden tener una polaridad positiva o negativa.</p>	

Dentro de los sistemas, se tiene a:

1. Pararrayos Franklin

Los pararrayos de Punta Franklin se encuentran en una variante conocidos como Pararrayos de tipo semi-pasivo.

Los pararrayos de punta de Franklin están formados por una pieza central, vástago principal y cuatro más laterales. Unas piezas que pueden estar fabricadas en acero inoxidable o bronce de níquel. En cuanto a las medidas, la punta de este pararrayos cuenta con una altura de 430 mm .

Las varillas Franklin se pueden aplicar para proporcionar protección contra rayos. Estas varillas están diseñadas para atraer rayos y descargarse en un lugar designado donde la energía de los rayos no dañe el equipo protegido. Estas varillas deben instalarse lo suficientemente altas y en cantidad suficiente para proporcionar una protección de enclavamiento adecuada con el cono de protección de ángulo de 45 grados (o menos) proporcionado por cada varilla.



Gráfico 4: varilla Franklin

El principio de funcionamiento aprovecha el campo eléctrico natural para concentrar las cargas en la parte más alta de la instalación con el fin de ionizar el aire y excitar la descarga del rayo, aumentando el riesgo de impacto de rayos en la instalación [8].

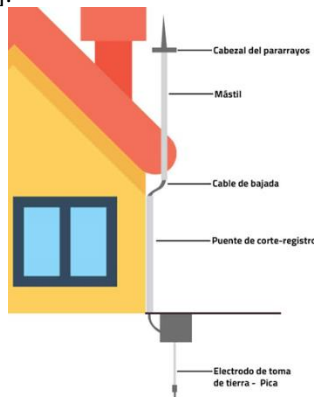


Gráfico 5: ubicación de pararrayos

2. E.S.E. (Emisión temprana de streamer)

El terminal aéreo emite un líder ascendente continuo con tiempo de avance para anticipar el descenso del rayo y capturarlo antes que cualquier otro objeto dentro de su área de protección.

El tiempo de avance del ESE determina el radio de protección de la terminal aérea del ESE: cuanto más anticipa el líder ascendente, más alto se captura el líder descendente y evita que caigan rayos en un área más grande.

Por lo general, viene con un contador Lightning Strike. Las terminaciones aéreas OPR Early Streamer Emitter (ESE) son particularmente efectivas para la protección contra rayos en áreas al aire libre como áreas industriales, edificios administrativos o públicos, monumentos y campos deportivos.

Durante las tormentas, cuando las condiciones del campo de propagación son favorables, la terminal aérea OPR ESE producirá enlaces ascendentes. Este líder se propaga desde la punta de la OPR hasta la nube de descenso con una velocidad promedio de 1 m/μs.

Este disparo temprano de rayos durante un evento de rayos proporciona un tiempo de activación favorable en comparación con una sola terminal de autobuses expuesta a las mismas condiciones. El tiempo de activación favorable se determinó como el tiempo medio de arranque, cuya eficacia se confirmó mediante pruebas de laboratorio de alta tensión.



Gráfico 6: Tecnología CMCE

PROPUESTA DE NUEVA TECNOLOGÍA TECNOLOGÍA CMCE

Es una tecnología pasiva diseñada para equilibrar y desionizar siempre los efectos de la carga atmosférica a través de múltiples compensadores. Su principio de funcionamiento se basa en compensar, estabilizar el campo eléctrico existente en su entorno. Ley eléctrica: una carga equilibrada no creará una condición para un golpe cancelando la formación del trazador ascendente, neutralizando la posibilidad de descarga, drenando las cargas eléctricas al suelo, en miliamperios inofensivos.

Tecnología creada por Nikola Tesla, en 1916 en su patente No. 1,266,175 ya se mencionaban los principios de funcionamiento de este dispositivo, se basó en sensores pasivos de cargas electro atmosféricas, equilibrando la atmósfera de cargas que podrían formar el rayo.

Haciendo imposible formar el trazador ascendente, y sugiriendo que los pararrayos en lugar de proteger la propiedad y las personas, eran un peligro para la sociedad.

Principio de funcionamiento

Las cargas opuestas se atraen entre sí

En cada condensador hay una diferencia de potencial esto genera la atracción de cargas de polaridad opuesta para equilibrar los condensadores. La tensión eléctrica es la tendencia de compensación de cargas, causada por la diferencia de potencial de estas. La corriente eléctrica que aparece en el cable de tierra (I) es el resultado del movimiento ordenado de cargas entre los dos electrodos, generado por un campo eléctrico interno, esto es en mA.

La intensidad de la corriente que se filtra a través del cable de tierra (I), es directamente proporcional a la tensión que aparece entre los electrodos (V) e inversamente proporcional a la resistencia de la toma de tierra eléctrica (R)

Los materiales cumplen con la Ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R}$$

V = Diferencia de potencial, depende de la velocidad de desplazamiento y carga de la nube.
R = valor de resistencia de la conexión a tierra.
I = Intensidad de corriente de fuga (Miliamperios)

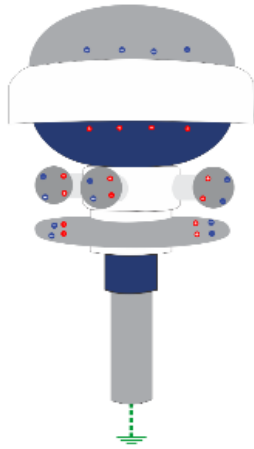


Gráfico 7: Reordenamiento de cargas

- **Ángulo de absorción**

El compensador absorbe cargas en 360° en todas las direcciones.

El disco inferior conectado a tierra produce una deformación del campo eléctrico circundante que aumenta la cobertura.

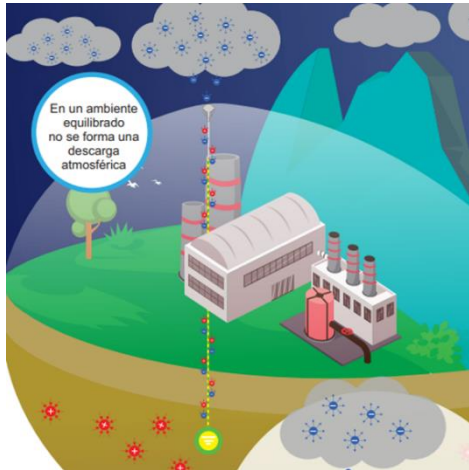


Gráfico 8: Dispersión de la descarga atmosférica.

- **Principio de funcionamiento**

En las pruebas de alto voltaje, el dispositivo se somete a un campo eléctrico generado entre una nube artificial y el plano de tierra a una distancia de 1 metro entre el dispositivo y la nube artificial.

Un generador de impulsos ofrece un potencial eléctrico en la nube artificial de alto voltaje a escala kV.

El compensador se somete a 50 impulsos del mismo voltaje al que se forma la descarga del rayo en un pararrayos Franklin o ESE (425 kV a 468 kV). Se observa que el compensador soporta 840 kV sin la formación de una descarga eléctrica., lo que demuestra que no se forma descargas.



Gráfico 9: Proceso de descarga

Luego, para demostrar la capacidad máxima del dispositivo, se somete a un aumento progresivo de voltaje que comienza en 595 kV hasta alcanzar los 840 kV sin generar descarga.




Shot no.	Programmed voltage (kV)	Measured voltage (kV)	Current (A)	Supported (o) Cut (x)
1	595	497.197		o
2	600	500.378		o
3	605	505.036		o
4	610	509.28	0.8	o
5	620	518.368	0.742	o
6	630	525.786	0.703	o
7	640	529.224	0.859	o
8	650	541.262	0.82	o
9	660	553.9	0.859	o
10	670	561.361	0.898	o
11	680	567.685	0.507	o
12	690	577.224	0.429	o
13	700	585.938	0.82	o
14	710	594.239	0.468	o
15	715	599.963	0.781	o
16	720	603.355	0.82	o
17	730	611.563	0.625	o
18	740	619.352	0.781	o
19	750	627.684	0.781	o
20	760	637.079	0.585	o
21	770	645.844	0.625	o

Fuente. - Protocolo de prueba ME-ITE-210912-03

Para la instalación del compensador, se deben tener en cuenta muchos factores, incluido el radio de la cubierta de protección.

- **Modelos**

Modelo	Descripción	Diseño
n		

CMCE-NANO	25 m de cobertura. Desarrollado para su uso en pequeños radares, semáforos, tanques pequeños.	
CMCE-HOME	55 m de cobertura. Desarrollado para su uso en residencias. Con tan solo 2,3 kg., este pequeño gigante asegura tu residencia, tu propiedad y la vida de tu familia.	
CMCE-120	120 m de cobertura. De mayor poder desionizante, Para uso en Edificios, Grandes Complejos, Minería, Centrales Eléctricas, etc.	
CMCE-AT	120 m de cobertura. Desarrollado para instalaciones en ambientes de alta temperatura, ejemplo: Chimeneas, industrias, etc. Soporta hasta 400°C, dispone de aislante cerámico.	
CMCE-GRAFENO	120 m de cobertura. Desarrollado para aplicaciones especiales y uso militar La innovación está respaldada por las propiedades del Grafeno, en	

	el que se basa esta nueva tecnología, debido a su gran conductividad	
HIGH-VIBRATION	120 m de cobertura. Desarrollado con las mismas características que el CMCE 120, pero con un diseño especial para evitar la caída del equipo, especialmente para torres de perforación, etc.	
HIGH RESISTANCE	120 m de cobertura. Este equipo está diseñado para ambientes altamente corrosivos, ya que es un acero con alta resistencia a la corrosión.	
CMCE TWIN MAX 100	100 m de cobertura. Para una protección segura y eficaz en entornos de alta carga eléctrica, Sertec SRL ha diseñado, creado y probado el dispositivo CMCE TWIN MAX que supera la alta eficiencia de su base inspiradora, la CMCE 120, para trabajar en las condiciones más extremas.	

<p>CMCE TWIN MAX 50</p>	<p>50 m de cobertura. Para una protección segura y eficaz en entornos de alta carga eléctrica, el dispositivo CMCE TWIN MAX 50 para trabajar en las condiciones más extremas con un área de protección de 50 m.</p>	
<p>CMCE-MARINE-GOLD</p>	<p>Gracias a su pequeño tamaño y peso, es especialmente adecuado para su uso en pequeñas embarcaciones, veleros, boyas marinas y otras estructuras de tamaño similar.</p>	
<p>CMCE-MARINE-DIAMOND</p>	<p>Con gran poder desionizante, desarrollado para la máxima protección en súper yates, cruceros, buques de carga, buques militares y otros grandes.</p>	

• **Certificaciones**

- ISO 9001-2015 certified by STAREGISTER
- ISO 14001-2015 certified by STAREGISTER
- DUNS REGISTRATION NUMBER 95-506-7967
- CE MARKING on all CMCE models
- Commonwealth of Independent States
- ENAC; ILAC-MRA
- Approved by the NATO System-Cataloging (NOC) with the NCAGE code SFKU3
- We have UL-Cerficacion on a specific model.
- UKCA MARKING on all CMCE models
- Conforming to Rohs specifications

RESULTADOS

El uso de esta tecnología ya se viene aplicando en la actualidad, algunos casos donde se implementaron son los siguientes.

- Centrales de generación.
- Líneas de transmisión.
- Industrias petroquímicas.
- Grúas - Con sistema de contrapeso vertical.
- Torres de telecomunicaciones.
- Subestaciones eléctricas.
- Edificios corporativos.
- Aeropuertos: Radares de proximidad.
- Feedlot: Ganadería.
- Turismo y deportes al aire libre.
- Estadio de Fútbol La Nueva Olla - Asunción Paraguay Park Cincinnati USA.
- Ford Factory – Dearbourn, Detroit USA.
- Energías renovables.
- Paneles solares.
- Generación de energía con carbón – Taiwán.
- Centros mineros.
- Torres, Bases Militares.
- AES – Generación de energía.



Gráfico 10: Ubicación del equipo



Gráfico 11: Ubicación del equipo en planta

V. DISCUSIÓN

- ✓ Se cree que la acumulación de cargas positivas o negativas se debe a la fricción entre las partículas en la atmósfera.
- ✓ Se tiene que entender que el impacto de una caída de rayo en su propiedad puede ocasionar daños estructurales, equipos eléctricos y/o electrónicos, operaciones, interrupción de servicios, gastos, etc.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ La tecnología de compensación de campo eléctrico es una alternativa de solución para la disminución de las descargas atmosféricas en el Perú, a los sistemas de Pararrayos Franklin, para la protección contra rayos en el sitio en áreas sujetas a una exposición intensa a los rayos y han demostrado su valía en estos lugares.
- ✓ En las pruebas, se somete al compensador a 50 impulsos del mismo voltaje al que se forma la descarga del rayo en un pararrayos Franklin o ESE (425 kV a 468 kV). Se observa que el compensador soporta 840 kV sin la formación de una descarga eléctrica., lo que demuestra que no se forma descargas.
- ✓ La finalidad fundamental es resguardar a las personas, animales y estructuras en instalaciones terrestres y facilidades a campo abierto; contra cualquier fenómeno eléctrico cuyo medio de transporte sea el aire.
- ✓ Cada modelo tiene un uso específico en el cual varía tanto en el material como en el rango de la circunferencia donde se tendrá un ambiente equilibrado.
- ✓ Las protecciones atmosféricas deben tomarse como una inversión y no como un gasto innecesario, ya que ha quedado demostrado en innumerables ocasiones, que el gasto correctivo es mayor que el preventivo.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar mediciones periódicas de resistividad de los puntos de puesta a tierra del sistema de protección contra descargas atmosféricas. Corregir los problemas encontrados y realice nuevas mediciones para garantizar el correcto funcionamiento.
- ✓ Todas las tormentas producen rayos y por tanto todas las tormentas son peligrosas. Es importante mencionar que no es necesario que llueva para que caiga un rayo.
- ✓ Obtener 100% de protección no siempre es posible, pero si las personas conocen que deben hacer y las medidas de protección como alerta temprana y refugios existentes se puede lograr un elevado nivel de protección contra rayos.
- ✓ La elaboración de un buen diseño de pararrayos, basados en normas, códigos y teniendo la información estadística de los eventos que ocurren anualmente en

la zona donde se va a desarrollar la construcción que se desea proteger, se puede asegurar un alto porcentaje que ante la presencia de una descarga atmosférica nuestro objetivo no sufrirá consecuencias graves producidas por dicho evento.

- ✓ Asociado a lo antes mencionado otro factor importante para una buena protección de descarga atmosférica, son el conocimiento pleno del fenómeno y los criterios personales avalado por estudios y análisis.
- ✓ Los trabajos de mantenimiento del sistema de descarga atmosférica deben ser incluidos y considerarse como elemento integral del programa general de mantenimiento eléctrico de una estructura.

REFERENCIAS

- [1] «Cárdenas y Fernando - Estudio para la implementación de pararrayos en si.pdf». Accedido: 5 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12782/1/UPS-CT006635.pdf>
- [2] A. Y. D. Martínez y M. C. G. Maldonado, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN DE DESCARGA ATMOSFÉRICA Y SOBRE TENSIONES PARA UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS».
- [3] Erico, «Lightning Protection Solutions». 2000.
- [4] «Flores et al. - 2021 - Probabilidades de ocurrencia de descargas eléctric.pdf». Accedido: 5 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v20n1/1726-2216-ecol-20-01-53.pdf>
- [5] «2019.pdf». Accedido: 16 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/informes/criticos/sistemas/2019.pdf>
- [6] «Fundamentals of Lightning Protection Systems R1.pdf». Accedido: 5 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.cedengineering.com/userfiles/Fundamentals%20of%20Lightning%20Protection%20Systems%20R1.pdf>
- [7] J. Aguilar, «“Energía eléctrica producida por descargas atmosféricas: el sueño y gran reto para la ingeniería ante la crisis energética”», 2013.
- [8] Ingesco, «External Lightning Protection». 2022.