

PROTOCOLO PARA LA INSTALACIÓN DE APANTALLAMIENTO EN REDES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Autores:

William Alexander Salazar Carrascal

Wsalazar52@uan.edu.co

Jorge Luis Ascanio Cañas

jascanio88@uan.edu.co

Facultad de Ingeniería Mecánica Electrónica y Biomédica

Programa Académico Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta-Norte de Santander

Director: Ciro Antonio Carvajal Labastida

Ingeniero mecánico M. Sc.

ciro.carvajal@uan.edu.co

Resumen: A través de este proyecto tecnológico de Mantenimiento Electromecánico Industrial se presenta el protocolo para la instalación de apantallamiento en redes de energía eléctrica, que sirve de base para analizar con fundamento los procesos y la seguridad en la instalación del apantallamiento para la disminución de interferencias electromagnéticas y el amortiguamiento de sobretensiones.

En el protocolo que se presenta se define una seria ordenada de actos y procedimientos para el apantallamiento típico en redes de energía eléctrica a partir de las características principales del terreno, estructura de intervención, selección de materiales, herramientas, tesis de guía desarrolladas, entre otros.

El protocolo tiene un conjunto de instrucciones detalladas para llevar a cabo el proceso de protección de redes eléctricas. En el documento se proporciona una guía que describe los pasos necesarios para mejorar la seguridad en la instalación de estas redes y por ende la satisfacción del cliente.

Se registra como resultado el ordenamiento lógico y secuencial de las operaciones que se realizan cuando se ejecuta un procedimiento de instalación de apantallamiento de redes eléctricas.

Palabras claves: Apantallamiento, interferencias electromagnéticas, protocolo, seguridad

I. INTRODUCCIÓN

En el tiempo de la aumentada demanda de energía y la evolución constante de la infraestructura eléctrica, la eficacia, la seguridad y la confiabilidad se convierten en un pilar fundamental para garantizar un abastecimiento eléctrico constante. En este contexto, la elaboración de un protocolo de apantallamiento de redes de media tensión surge como un recurso estratégico que busca colaborar con los desafíos técnicos y operativos asociados con la distribución de energía eléctrica.

Es por esto, que a medida que las redes eléctricas evolucionan y se convierten en redes más complejas y densamente pobladas, la necesidad de disminuir los efectos negativos de interferencias electromagnéticas, sobretensiones y otros problemas se vuelve cada vez más decisivo.

En este contexto, la implementación de un Protocolo de Apantallamiento de Redes Eléctricas se vuelve esencial para garantizar la operación óptima de estos sistemas críticos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La elaboración y presentación de un protocolo de apantallamiento en las redes eléctricas de distribución de energía sirve como un recurso técnico competente para contrarrestar los retos actuales en la distribución de energía eléctrica (Ramirez, 2018).

En vista de que no existe establecido un protocolo de apantallamiento de redes eléctricas a pesar de la aumentada importancia de garantizar la eficiencia y la seguridad en la infraestructura eléctrica, se plantea como un problema a resolver en términos de la debilidad de la red, la falta de medidas preventivas contra interferencias y la falta de un procedimiento estándar para disminuir problemas relacionados con la calidad de la energía. La ausencia de un protocolo de apantallamiento de redes se traduce en un peligro significativo primero en la seguridad del personal que instala y de interrupciones no planificadas, pérdida de productividad y daños en equipos sensibles. Por lo tanto, es esencial abordar este problema y desarrollar un protocolo efectivo para garantizar la seguridad en la instalación del apantallamiento.

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, la ejecución efectiva de estrategias de apantallamiento en este contexto plantea una serie de desafíos y cuestionamientos que requieren una investigación. [1]

La falta de una estrategia y procedimientos adecuados en la instalación de un protocolo de apantallamiento eficaz y unificada puede resultar en costos operativos elevados, disminución de la vida útil de equipos, tiempos de inactividad no planificados y una calidad de energía eléctrica deficiente. En este contexto, es fundamental abordar el problema de manera sistemática y aportar soluciones efectivas que puedan proteger de manera confiable las redes eléctricas contra las interferencias electromagnéticas, asegurando así la confiabilidad y la calidad de la energía eléctrica para las aplicaciones críticas y la sociedad en general.

A pesar de los avances tecnológicos y la existencia de métodos de apantallamiento, aún existen desafíos significativos en la disminución efectiva de los efectos las interferencias electromagnéticas en las redes eléctricas. Estos desafíos incluyen la falta de una guía estandarizada y específica para el apantallamiento de redes eléctricas, la diversidad de fuentes de las interferencias electromagnéticas y la evolución constante de la tecnología, que introduce nuevas fuentes de interferencia. [2]

Sin embargo, el diseño y la aplicación de estas soluciones pueden plantarse desafíos técnicos, económicos y logísticos. ¿Cuáles son los materiales más adecuados para el

apantallamiento? ¿Cómo afecta el diseño del apantallamiento a la eficiencia y la operación de los transformadores? Estas son solo algunas de las preguntas que surgen en el proceso de implementación. [3]

III. OBJETIVOS

Objetivo general:

Elaborar un protocolo para la instalación de apantallamiento en redes de energía eléctrica, basado en los manuales y parámetros específicos, para servir de guía a los usuarios de la empresa.

Objetivos específicos:

- Analizar, documentos técnicos y manuales de servicio de equipos de apantallamiento en redes de media tensión y transformadores de distribución.
- Investigar proyectos o montajes relacionados con la instalación de protocolos de apantallamiento en redes de media tensión y transformadores de distribución.
- Registrar el protocolo para el diseño e instalación efectiva del apantallamiento en diferentes contextos.

IV. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se enfoca en la elaboración de un protocolo de apantallamiento de redes de media tensión el cual servirá como guía práctica en la instalación. Este trabajo permitirá mostrar que la minimización de interferencias electromagnéticas se traduce en una menor probabilidad de interrupciones no planificadas.

En muchas empresas, existen equipos y sistemas electrónicos sensibles que son importantes para las operaciones. La implementación de un buen protocolo de apantallamiento ayuda a proteger estos equipos contra daños debido a interferencias eléctricas y garantiza su funcionamiento óptimo, reduciendo los picos de voltaje, lo que a su vez mejora el rendimiento de los equipos conectados a la red.

Es importante verificar las soluciones de estudios anteriores en los que se demuestren resultados de implementación de apantallamientos con una mayor confiabilidad en el sistema reduciendo las interferencias electromagnéticas ayudando a dar más confiabilidad en las redes y menos propensas a fallas eléctricas.

la implementación de un protocolo de apantallamiento de redes eléctricas en una empresa no solo contribuye a la seguridad y eficiencia, sino que también puede tener un impacto positivo en la continuidad de las operaciones, la eficiencia energética y el cumplimiento normativo, lo que justifica plenamente su desarrollo y aplicación.

V. MARCO TEÓRICO

El concepto de apantallamiento surge a partir de la necesidad de protección de una instalación o de equipos de forma semejante a las líneas de transmisión contra las descargas directas e indirectas. Ahora bien, en la actualidad los pararrayos convencionales se emplean para proteger únicamente contra ondas entrantes, puesto que es necesario apantallar ya sea con mástiles, hilos de guarda para subestaciones eléctricas, y en mayor medida con elementos electrónicos como son los de ionización, que sirve para las industrias petroquímicas, eléctricas, edificios, complejos, ente otros.

En las instalaciones eléctricas, electrónicas y telecomunicaciones, el sistema de protección contra rayos, consta de tres componentes básicos, según la evaluación de riesgos que se establecen en la norma NTC 4552: PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS):

- Los elementos protectores o también llamados terminales de aire contra las descargas atmosféricas directas.
- Los conductores descendentes y cables de conexión entre los elementos de captación.
- Las tomas de puesta a tierra

Colombia al estar situada en la Zona de Confluencia Intertropical, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta; de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno, pues si bien los métodos desarrollados a nivel mundial se pueden aplicar, algunos parámetros del rayo son particulares para esta zona. Tales condiciones obligan a que se tomen las medidas para minimizar los riesgos por los efectos del rayo, tanto en las edificaciones como en las instalaciones eléctricas. [4]

Con la proyección y liderazgo de países internacionales pioneros en la investigación y desarrollo de metodologías de protección contra descargas atmosféricas se elaboraron normatividades y estándares globales que permiten establecer parámetros nacionales basados principalmente en IEC 62305, IEC 61024, DIN 18384 y NFPA780. En Colombia el RETIE en su actualización del 2013 en el capítulo 16. Expone de forma detallada parámetros mínimos

de cumplimiento obligatorio para los sistemas externos e internos de protección contra descargas atmosféricas, a su vez la NTC4552 presenta características más detalladas y requisitos primordiales para el proceso de elaboración de un sistema completo de protección contra rayos.

VI. METODOLOGÍA

Luego de recopilada la información de los documentos consultados se realizó un análisis de la información indispensable en la realización de un protocolo de apantallamiento de redes de media tensión.

Se analizaron los documentos técnicos de varios montajes realizados y los manuales de los dispositivos que se usan en el montaje de apantallamientos de redes de media tensión 13,2 KV y 34.5 KV como son los elementos de protección contra descargas electromagnéticas, se consultaron los manuales y registro técnico de varios transformadores que se utilizan en la industria y se consultaron documentos técnicos y manuales de servicio de equipos de apantallamiento en redes de media tensión y transformadores de distribución.

Luego de investigar sobre montajes relacionados con apantallamiento de redes de media tensión se analizó la información encontrada como los materiales a utilizar, métodos de instalación y normas de seguridad y así mismo el protocolo de instalación.

Se registró el protocolo sobre el ARDMT el cual contiene el paso a paso y la entrega de recomendaciones en las prácticas para el diseño e implementación efectiva de soluciones de apantallamiento en diferentes contextos.

Se espera que el protocolo de apantallamiento de redes eléctricas entregado sea implementado de manera positiva en la empresa, convirtiéndose en una parte integral de las operaciones y procesos relacionados con la infraestructura eléctrica de la organización.

VII. DESARROLLO DEL PROYECTO

De acuerdo con lo establecido por la Resolución No.5018 de 2019, por la cual se establecen lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica, se detallan los siguientes equipos y herramientas de obligatorio cumplimiento en los trabajos de campo:

Equipos de protección y seguridad personal y colectiva:

- Cascos de seguridad
- Tafiote para casco de seguridad
- Barbuquejo para casco de seguridad
- Gafas de seguridad polarizada
- Gafas de seguridad transparente
- Mascarilla contra polvos
- Arnés de seguridad para trabajos de alturas
- Eslinga de posicionamiento regulable para arnés
- Pretales
- Cuerda o manila de poliéster
- Guantes de cuero de vaqueta ribete azul o verde
- Kit de rescate
- Equipos de protección personal para realizar soldadura exotérmica
- Botiquín de primeros auxilios
- Conos para señalización reflectivo de 75 CMS
- Cinta de seguridad
- Camilla de primeros auxilios
- Radio transmisor receptor de base
- Radio transmisor receptor portátil
- Señalizador tubular reflectivo
- Escalera metálica
- Kit de rescate
- Guantes de cuero de vaqueta ribete azul o verde.

Materiales a utilizar:

- Conector doble perno.
- Cobre.
- Cinta bandit
- Grapas para cinta bandit.
- Varilla de cobre de 2.40m cooperweld.
- Hidrosolta.
- Cable de tierra.
- Soldadura exotérmica TERMOWELD
- Moldes de soldadura exotérmica
- Pólvora y monedas utilizadas
- yesquero

Herramientas Manuales:

- Pica.
- Pala.
- Paladruga.
- Barra.
- Balde.
- Polea.
- Manilla.
- Sunchadora.
- Alicata.

- Cizalla.
- Llave expansiva.
- Porra.
- Moldes para soldadura.

Equipos e instrumentos especializados:

- Telurómetro de alta frecuencia
- GPS
- Cámara
- Probador de ausencia de tensión
- Carro de transporte
- Tierras temporales
- Guantes aislados
- Pértica telescópica
- Radio base y de comunicaciones
- Termo de agua

Protocolo de apantallamiento de redes:

1. Notificar por parte del encargado la programación del trabajo a realizar en la estructura tipo poste a intervenir, entregar la orden de trabajo y socializar con la cuadrilla el trabajo.
2. Programar la consigna del circuito a intervenir.

CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A.E.S.P.
CENTRO DE DISTRIBUCION LOCAL (CDL)

Numero Consigna: CL_120223_022226

Información General	
Solicitante:	DIEGO ANDRES PONTON RAMOS
Equipo de Trabajo:	Gestión de Proyectos de Infraestructura
Clasificación:	Normal Activo
Estado Consigna:	APROBADA
Tipo de Trabajo:	CONTRATO
Numero de Trabajo:	CW1617539
Fecha Registro:	31/01/2023
Fecha Inicio:	12/02/2023 08:30
Fecha Final:	12/02/2023 16:30
Alimentador:	N
Reconector:	N
Transformador:	N
Elemento de Corte:	S
Requiere Sustitutos:	N

Información del Trabajo	
Área de Influencia	Cuadrillas
CORTACIRCUITO ISW128 VDA AGUA DE LA VIRGEN MPIO OCAÑA	CUADRILLA CORRESPONDIENTE AL MPIO DE OCAÑA DEL PROYECTO FAER
Motivo Desconexión	Observaciones y/o Plan de Contingencia
CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE ARRANQUE, CIERRE DE PUENTES MT E INSTALACION DE NUEVOS CORTACIRCUITOS. SE REALIZARA PRUEBA AL TRANSFORMADOR A ENERGIZAR. SE FINALIZA DEJANDO ENERGIADO LOS BENEFICIARIOS DEL PROYECTO EN LA VDA AGUA DE LA VIRGEN.	SE DEBE APLICAR LAS REGLAS DE ORO PARA ESTE TRABAJO EN DESCONEXIÓN O CORTE EFECTIVO Y VISIBLE DE TODAS LAS FUENTES DE TENSION, BLOQUEO O CADENA ENCLAVAMIENTO Y SEÑALIZACION DE LOS EQUIPOS DE CORTE; VERIFICACION DE AUSENCIA DE TENSION; INSTALACION DE SPT TEMPORALES; SEÑALIZAR Y DEMARCAR LA ZONA DE TRABAJO. (APLICAR MEDEVAC).

Responsables(s)	
Jefe Consigna:	DIEGO ANDRES PONTON RAMOS
Radio Portatil:	3104277588
Celular:	Benedicto Torres
Jefe de Trabajo:	3214800656
Radio Portatil:	WILLIAM EVELIO MESA
Celular:	3017778988

Responsables(s) Sustitutos	
NO APLICA	

Orden de Maniobra de Desconexión				
Elemento	Instrucción	Ubicación	Emisor	Receptor
NULL	SOLICITAR AUTORIZACION INICIO DE CONSIGNA	NULL	JEFE DE CONSIGNA	CDL
CORTACIRCUITO ISW128	ABRIR	VDA AGUA DE LA VIRGEN	CDL	JEFE DE CONSIGNA
NULL	INFORMAR INICIO DE CONSIGNA	NULL	JEFE DE CONSIGNA	CDL

Orden de Maniobra de Normalización				
Elemento	Instrucción	Ubicación	Emisor	Receptor
NULL	INFORMAR MANIOBRAS DE CONEXION	NULL	JEFE DE CONSIGNA	CDL
CORTACIRCUITOS ISW128	CERRAR	VDA AGUA DE LA VIRGEN	CDL	JEFE DE CONSIGNA

Figura 1. Imagen referencia a una consigna

3. Alistamiento de equipos y herramientas a utilizar.
4. Informar al centro de control el inicio de la actividad en base a la orden de trabajo, reportando la estructura y circuito a intervenir y autorizar la desconexión ya programada.
5. Poner en práctica las 5 reglas de oro:



Figura 2. Cinco reglas de oro

Fuente: *Cinco reglas de oro.* (s. f.). Safety market. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQPp4J8HDg9EIQUaBOMOMCSLPCOworj5Latw1WMFPmUNIGHACGGmtblzk4hmQiN-TTHNKI&usqp=CAU>

- a. **Corte visible:** desconectar la fuente de alimentación de la instalación eléctrica.
 - b. **Bloquear y señalizar:** prevenir cualquier tipo de retroalimentación.
 - c. **Verificación de ausencia de tensión:** utilizando un probador de tensión este debe indicar que está totalmente desenergizada.
 - d. **Puesta a tierra y corto circuito:** esto se hace con el fin de evitar que la instalación se energice accidentalmente.
 - e. **Protección y señalización de la zona de trabajo:** la señalización debe indicar que la instalación esta desenergizada y que no se deben hacer manipulaciones eléctricas.
6. Señalar y demarcar el sitio de trabajo, instalando vallas de seguridad y ubicando los conos y o señalización tubular para el cierre y la reducción de calzada, posteriormente instalar la cinta de señalización para prohibir el paso de peatones, encerrando el sitio de trabajo.

Inspeccionar el punto de trabajo, cumplir las normas de seguridad e higiene en el trabajo estipuladas en la Resolución 5018 de 2019, Resolución 6045 del 2014 del Ministerio del

Trabajo, Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo del Sector Eléctrico, entre otra normatividad vigente.

7. Diligenciar el control operacional análisis de trabajo seguro.
8. Realizar la medición de resistividad del terreno, realizando las respectivas pruebas buscando donde el terreno sea más húmedo. Para el cálculo de la resistividad se emplea el método de Wenner, Dada esta configuración F. Wenner obtiene la siguiente formula reducida para la resistividad aparente del terreno:

$$\rho = 2\pi aR$$

Ecuación de Wenner

En resumen, la ecuación simplificada es $\rho = 2\pi aR$, donde la resistividad aparente del terreno se obtiene en función de la distancia de los electrodos (a) y la resistencia eléctrica R, valor de resistencia obtenido de la relación de diferencia de potencial y corriente en electrodos.

Toma de Mediciones: Al realizar las mediciones de resistividad aparente en terreno se recomienda poner atención en los siguientes puntos:

- Elegir un trazado libre de obstáculos
- Establecer claramente el centro de medición y demarcarlo visiblemente
- En terrenos muy secos, se recomienda mojar el sector de ubicación de los electrodos, pero no hacer un charco de agua que alteraría las mediciones.
- Para la separación de electrodos se recomienda medir con cintas dieléctricas y no metálicas.
- Para determinar la máxima distancia de electrodos, se recomienda realizar un gráfico de campo para ir viendo la tendencia en el valor de resistividad aparente.
- No realizar mediciones en condiciones atmosféricas adversas en lluvia o en tormentas eléctricas. En la actualidad se emplea como equipo de medición el Telurómetro AEMC, Se trata básicamente de un equipo para realizar mediciones de la resistencia de puesta a tierra y para medir la resistividad del terreno. Está compuesto del aparato de medición digital, dos picas de medición de unos 40 cm y rollos de cable para conectar las picas que intervienen en la medición y el equipo.



Figura 3. Telurómetro AEMC – Equipo medidor de resistividad del terreno
Fuente: PROYECTO CAE EL REDENTOR Diagonal 58Sur No. 28-19 –
Tv. 30 No. 57-50sur.

9. Realizar la excavación a 1 metro de la base del poste y hacer una excavación de 1.80 metros de profundidad para instalar la varilla cooperweld.
10. Extender el cable de cobre a instalar calculando la cantidad necesaria desde el punto de la superficie de la estructura hasta el punto de conexión de superficie del electrodo a tierra, y aplicar en la excavación la sustancia hidrosolta (2 bolsas).
11. Instalar en la excavación de 1,80m, un electrodo en cobre de 2,40 m de largo por 5x8 de grosor y soldar el cable de cobre con electrodo, con soldadura exotérmica, dando cumplimiento con la norma IEC 62305, IEC 61024, DIN 18384 y NFPA780.
12. Verificar ausencia de tensión y solicitar el ascenso del técnico operativo a la estructura tipo poste.
13. Utilizar el equipo de protección contra caídas, cuando se va a ascender a la estructura o poste.
14. Ascender la estructura con sus equipos de protección contra caídas, después de la autorización por el encargado y asegurarse a la estructura o poste con la eslinga de posición.
15. Solicitar al operario técnico soltar la manilla o lazo auxiliar para facilitar el alcance de materiales y herramientas a utilizar.
16. Instalar puestas a tierra temporales.
17. Instalar el electrodo, en la parte superior de la estructura así mismo asegurar el electrodo con cinta bandit y grapas para cinta.
18. Subir el conductor bajante cobre hasta la parte superior de la estructura y asegurarlo a la varilla de cobre con un conector doble perno.
19. Asegurar el cable de tierra bajante a la estructura o poste con amarres de cinta bandit. Y hacerlo llegar hasta la ubicación del extremo superior del electrodo donde se va a realizar la soldadura exotérmica.
20. Proceder a desinstalar puestas a tierra temporales.
21. Descender las herramientas y equipos de trabajo.
22. Descender de la estructura y retirar el equipo de protección contra caídas.
23. Proceder a medir la resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra con el equipo telurómetro de alta frecuencia tomar los datos del resultado de las pruebas obtenidas y comparar con los estándares establecidos según normas.
24. Retirar todo el personal de la línea y los asistentes o jefes de cuadrilla deben reportarse al jefe de consigna en un lugar previamente acordado o en su defecto comunicar y confirmar que ningún operario se encuentra en la línea.
25. Informar una vez terminada las labores, el jefe de consigna hace entrega al centro de distribución local, informando las actividades realizadas en la línea.
26. Registrar en la orden de trabajo las novedades del trabajo ejecutado y sus respectivos formatos si se requiere; una vez finalizadas las actividades de mantenimiento, posteriormente desplazarse a la empresa.

VIII. RESULTADO DEL PROTOCOLO DE APANTALLAMIENTO DE REDES DE MEDIA TENSIÓN

Entrega puntual del protocolo para la implementación de apantallamiento en redes de energía eléctrica, basado en los manuales y parámetros específicos. Este protocolo servirá como una guía integral para los usuarios de nuestra empresa, proporcionando directrices detalladas y específicas para garantizar la eficiente y segura implementación del apantallamiento en nuestras redes eléctricas. Este logro representa un progreso significativo hacia el avance de la calidad y confiabilidad del servicio, al tiempo que reafirma

nuestro compromiso con la excelencia en el campo de la gestión de la energía eléctrica

Se analizaron documentos técnicos y manuales de servicio de equipos de apantallamiento en redes de media tensión. Este análisis exhaustivo ha permitido la obtención de información clave y valiosa que ha servido como apoyo para la elaboración del protocolo de instalación de apantallamiento en nuestras redes eléctricas.

El protocolo incluye los siguientes elementos:

- Materiales a utilizar.
- Herramientas.
- Equipos de protección y seguridad personal:
- Equipo de protección y seguridad colectiva:
- Otros equipos:
- Procedimientos de instalación del apantallamiento.

IX. CONCLUSIONES

La elaboración del protocolo de apantallamiento permitió establecer pautas y procedimientos para respaldar la seguridad de los usuarios y la infraestructura de las redes de energía eléctrica. Un protocolo claro, conciso y que cumpla con los requisitos establecidos por las normas de seguridad y las necesidades específicas de la empresa, servirá de guía para los usuarios y facilitará la implementación de sistemas de apantallamiento eficaces.

Una vez realizado el análisis de documentos técnicos y manuales de servicio de equipos de apantallamiento, como etapa fundamental para la elaboración de un protocolo de apantallamiento, se obtuvo como resultado la identificación de aspectos clave a considerar para la construcción del protocolo, entre ellos, los tipos de apantallamiento, los materiales utilizados, los métodos de instalación y los parámetros de diseño.

El registro del protocolo para el diseño e implementación del apantallamiento en diferentes contextos fue importante para su aplicación en la práctica. Este registro permitió obtener un panorama conciso y fácil de entender, para que pueda ser utilizado por los usuarios de la empresa.

REFERENCIAS

[1] Unesco, C. (s/f). 0403 0202 Desarrollo y aplicaciones en sistemas de comunicación (hardware y software). Edu.pe. Recuperado el 16 de agosto de 2023, de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7026/T010_71470702_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[2] Toro Ramírez, C. E., & Villa Manrique, D. G. (2018). Diseño de un sistema de puesta a tierra y apantallamiento para el bloque 6 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Medellín, Colombia.

[3] Melguizo Bermúdez, S. (2019). Instalación de redes eléctricas. Universitaria Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

[4] SOLDEXEL. (2020). Apantallamiento contra descargas atmosféricas. <https://es.scribd.com/document/341413631>