



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CÁTEDRA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

TRABAJO PRÁCTICO N°3:

“Sistema de Protección Contra Rayos”

Grupo 7 - Integrantes:

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| - Mendes Rosa, Agustín. | - DNI: 44.517.201 |
| - Monja, Ernesto Joaquín. | - DNI: 43.873.728 |

Docente: Fioravanti, Marcelo.

Año 2025

Índice

Índice.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo.....	2
Datos Iniciales.....	2
Memoria de Cálculo.....	2
Determinación de la necesidad de un SPCR.....	2
Diseño de SPCR Externo.....	5
Conclusión.....	8
Bibliografía.....	8

Introducción

En este trabajo práctico se buscó diseñar el Sistema de Protección Contra Rayos (abreviado como SPCR de aquí en adelante) para una instalación eléctrica. Se diseñó tanto la protección externa contra rayos, la cual consiste de un sistema de Captor-Bajada-Puesta a Tierra con los respectivos planos en AutoCad.

Desarrollo

Datos Iniciales

Como datos iniciales para este Trabajo Práctico, fueron provistos los siguientes, que permitieron realizar el análisis para la determinación de si es necesario instalar o no un SPCR. Estos datos son:

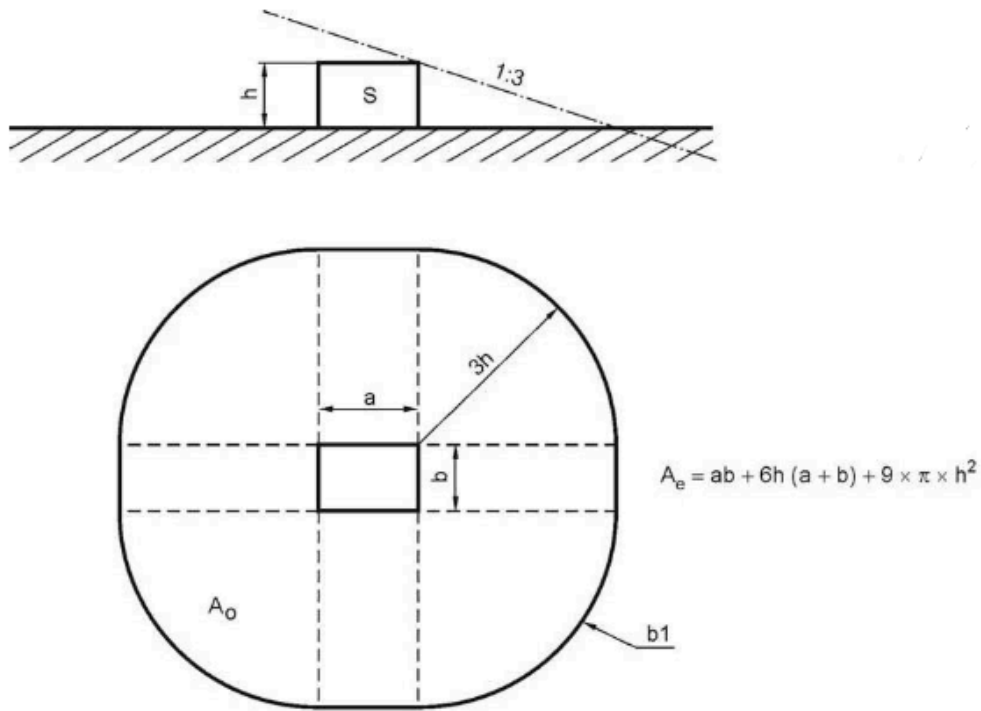
- Edificio: Depósito Combustible.
- Ubicación del edificio: Corrientes.
- Dimensiones: 25x120x6 [m].
- Resistividad del Terreno: $\rho_{\text{terreno}} = 230 [\Omega \cdot m]$

Con estos datos, se logró determinar la necesidad del SPCR, el tipo de sistema, y el diseño del mismo, entre otras cosas que se mencionan en los siguientes apartados.

Memoria de Cálculo

Determinación de la necesidad de SPCR:

Para empezar, se debió determinar el área efectiva del inmueble. Para ello se siguió el esquema planteado en la siguiente figura, el cual demuestra cómo calcular el Área Colectora Equivalente de una Estructura en un Suelo Llano según las normas de la IEC, tal que:



En la figura, se observa que el área efectiva está dada por la fórmula:

$$A_e = (AB + 6h(A + B) + 9\pi h^2) \times 10^{-6} [km^2]$$

Según los datos provistos, se tiene que para este caso el área efectiva de este inmueble será de:

$$A_e = (25 \times 120 + 6(6)(25 + 120) + 9\pi 6^2) \times 10^{-6} = 9,23 \times 10^{-3} [km^2]$$

De aquí, se determinó el coeficiente N_G el cual indica la cantidad de rayos al año por km^2 que caen en la ubicación geográfica del inmueble.

Asumiendo que la instalación se encuentra en la capital de la Provincia de Corrientes, es decir en Corrientes (nombre de la capital), siguiendo el mapa ceráunico de la Argentina², se determinó que el coeficiente N_G es igual a:

$$N_G = 7 - 8 \left[\frac{\text{Rayos}}{\text{año } Km^2} \right]$$

¹ Tomado del [Área Colectora Equivalente de una Estructura en un Suelo Llano](#).

² Tomado del [Mapa Ceráunico de la Argentina](#).

A partir de este dato, se calculó el coeficiente N_D , el cual indica la cantidad de rayos al año que pueden caer sobre el inmueble. Para ello planteamos el peor caso para N_G , tal que:

$$N_D = N_G(A_e) = 8(9,23 \times 10^{-3}) = 73,84 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{Rayos}}{\text{año}} \right] \quad (1)$$

Luego debió compararse este resultado con el coeficiente N_C , que indica la cantidad de rayos al año que el proyectista admite que puedan caer sobre el inmueble y se calcula de la siguiente forma (considerando que el inmueble se encuentra apartado de otras estructuras, tal que: $C_1 = 1$):

$$N_C = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{(C_2)(C_3)(C_4)(C_5)} \left[\frac{\text{Rayos}}{\text{año}} \right]$$

Se detallan la elección de los coeficientes en la siguiente tabla:

Coeficientes	Detalles de la instalaciones	Valor del Coeficiente
C_2	Se asume que al ser un depósito de combustible, tanto su estructura como su tejado serán inflamables.	$C_2 = 3$
C_3	El contenido de la estructura es combustible el cual es particularmente inflamable pero no tiene un valor excepcional.	$C_3 = 3$
C_4	Se asume que al ser un depósito de combustible, este no estará normalmente ocupado.	$C_4 = 0,5$
C_5	La caída de un rayo puede causar incendios, explosiones y emisión de gases tóxicos en el inmueble, los cuales deben ser apagados mediante sistemas que requieren continuidad de servicio	$C_5 = 5$

TABLA 1: Coeficientes para el cálculo de N_D .³

Finalmente, resulta que:

$$N_C = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{3(3)(0,5)(5)} \simeq 2,44 \times 10^{-4} \left[\frac{\text{Rayos}}{\text{año}} \right] \quad (2)$$

Se observa que comparando (1) y (2), se cumple que: $N_C < N_D$, por lo tanto resulta necesario instalar un SPCR para este inmueble y para ello resulta fundamental obtener el nivel

³ Valores deducidos de las [Tablas de Coeficientes para SPCR](#).

de eficiencia del sistema para determinar correctamente los niveles de protección. Para ello se plantea:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_D} = 1 - \frac{2,44 \times 10^{-4}}{73,84 \times 10^{-3}} \simeq 0,99835 \Rightarrow E_{\%} = 99,66 [\%]$$

Resulta entonces que el nivel de protección será: “*Nivel de Protección I + Medidas Complementarias*”.⁴

Diseño de SPCR Externo:

Para el SPCR externo se deben incluir 3 partes: un captor, una bajada y una PAT. Para las cuales se detalla su selección a continuación:

- 1) Captors: Para el diseño de los captors, lo más común es utilizar puntas Franklin para captar de forma pasiva a los rayos, las cuales fueron ubicadas siguiendo el método de las esferas rodantes mediante AutoCad.

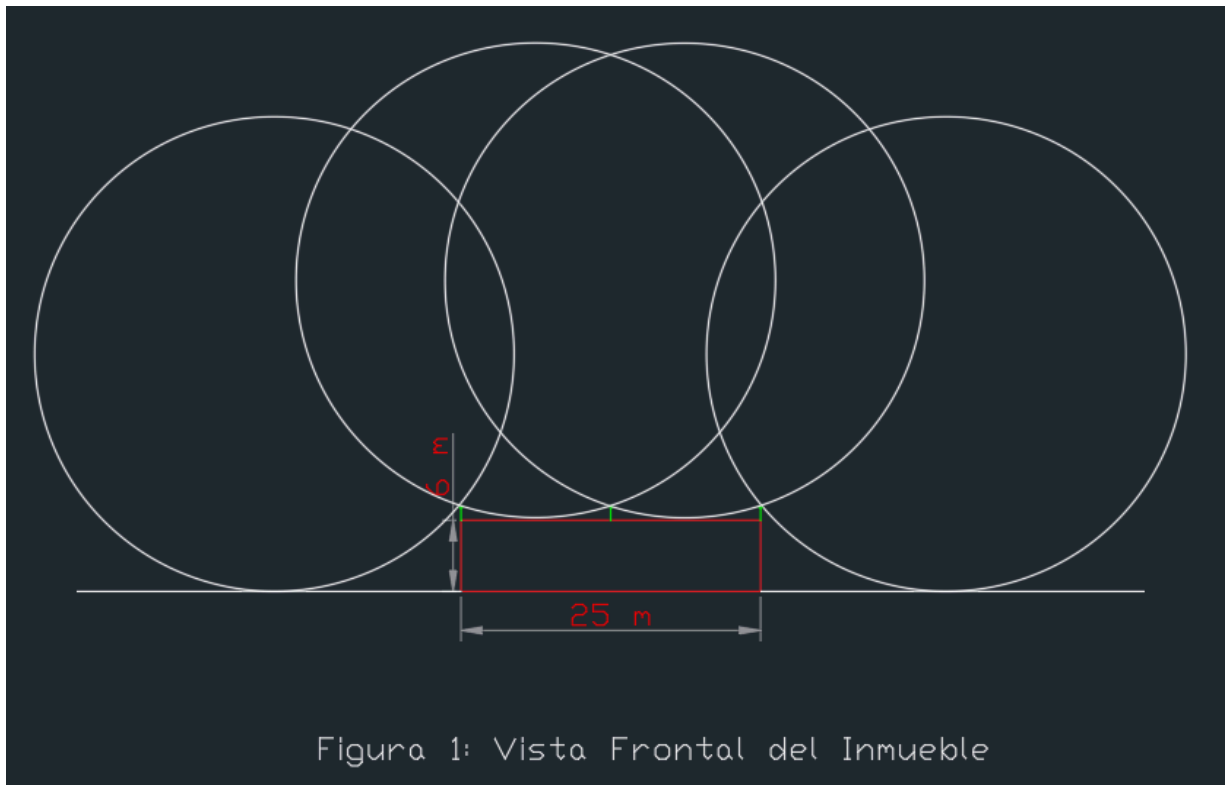
Para ello es fundamental determinar antes el radio de las esferas rodantes las cuales vienen determinadas por el nivel de protección determinado en el apartado anterior.⁵ Se tiene que para un Nivel de Protección I, el radio de las esferas rodantes son de: $R = 20 [m]$.

A continuación se adjuntan algunas capturas de los planos en AutoCad con las posiciones de los captors para el SPCR donde además se incluye en paralelo a este informe el archivo de AutoCad Electrical para poder realizar una inspección más detallada del plano del inmueble y la ubicación de los captors.

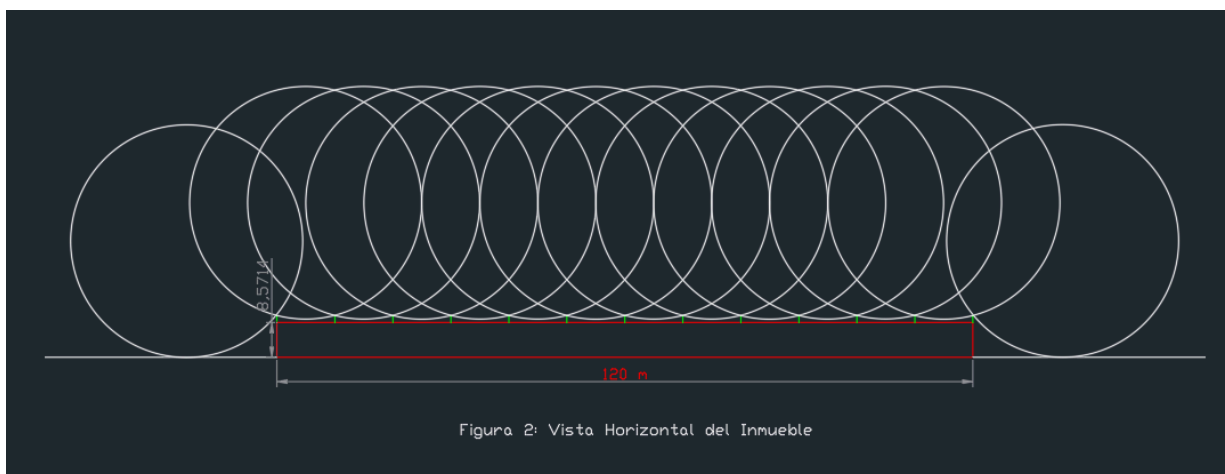
La primera imagen (correspondiente a la Figura 1), se trata de la vista frontal del inmueble donde se colocan dos captors en los extremos y uno entre medio (a 12,5 [m] de los extremos del inmueble) de modo que las esferas rodantes de modo que estas no toquen a la instalación:

⁴ Tomado del [Nivel de Protección de un Inmueble en base a la Eficiencia](#).

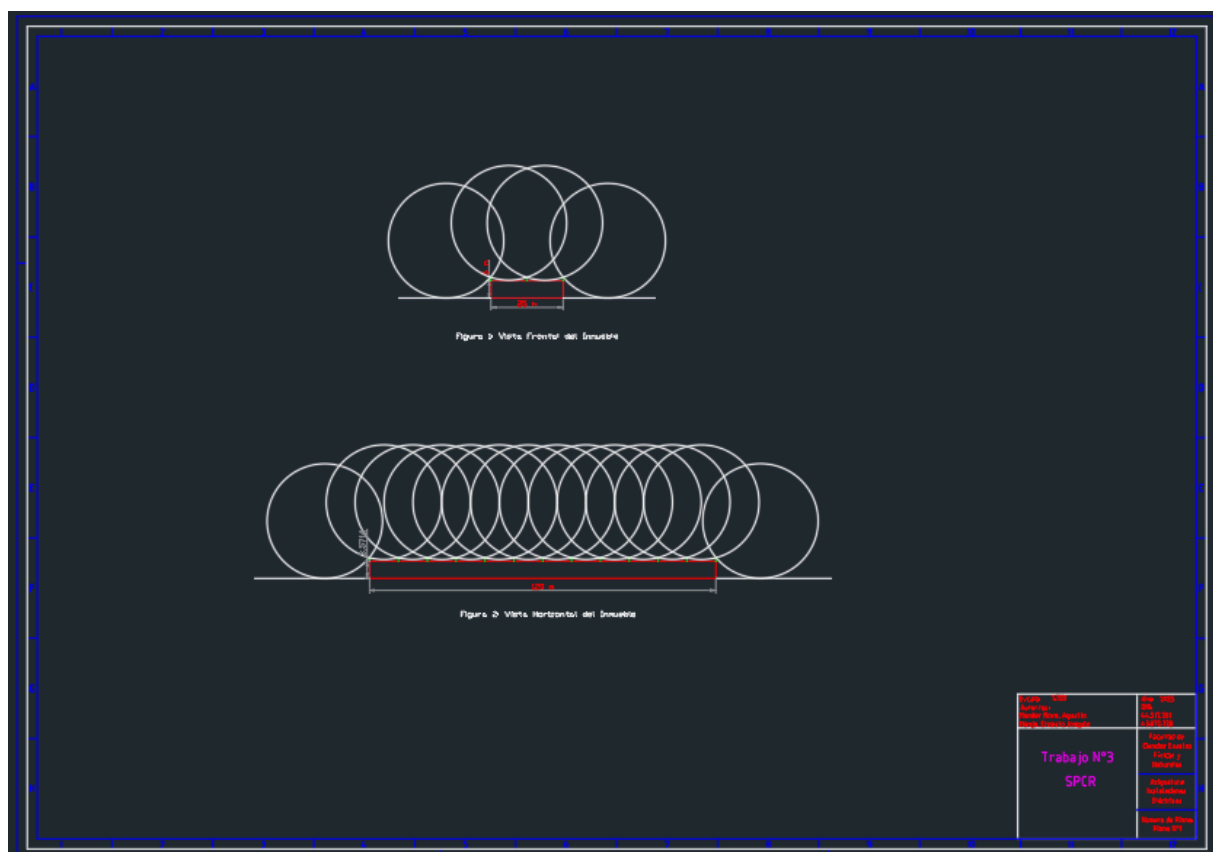
⁵ Tomado de la [Colocación del Dispositivo Captor en Función del Nivel de Protección](#).



La segunda imagen (correspondiente a la Figura 2), consiste en la vista lateral del inmueble donde se colocaron dos captores en los extremos del inmueble y uno cada 10 [m] de modo que las esferas rodantes no toquen al inmueble en ningún momento:



La tercera imagen trata de una captura al plano de AutoCad Electrical donde se escaló el inmueble a una escala de 1: 700 para que entre en un plano de hoja A3 en el cual se le agregó la información relevante para este trabajo práctico



- 2) Bajada: Utilizando las componentes naturales del edificio, se tiene que las barras de hierro de las columnas de hormigón prensado pueden ser utilizadas para la bajada del rayo desde el captor hacia la PAT.⁶
- 3) Puesta a Tierra: A modo de puesta a tierra, cada bajada debe conectarse a un anillo perimetral (o puesta a tierra de disposición tipo B) de cobre desnudo con una sección mínima de $50 [mm^2]$ enterrado bajo tierra a una profundidad entre 0,5 y 0,8 [m], y a una distancia aproximada de 1 [m] de la pared exterior del depósito. De esta manera se cumple que la corriente del rayo se reparta por varios caminos hacia el terreno. Esta disposición reduce la densidad de corriente en un solo punto y, por ende, las tensiones de paso y contacto alrededor del depósito. El conjunto bajadas–anillo–electrodos constituye una red equipotencial de baja impedancia, cumpliendo con los requisitos de las normas IEC 62305 y AEA 92305.

Esta disposición reduce la cantidad de bajadas externas, mejora la estética del conjunto y distribuye uniformemente la corriente del rayo hacia el terreno, incrementando la seguridad del depósito.

⁶ Tomado de las [Normas CIRSOC](#).

Conclusión

Tras el análisis de riesgo según la norma AEA 92305, se confirmó la necesidad de un SPCR. Se estableció que era necesario un “*Nivel de Protección I + Medidas Complementarias*”. En base a esto, se diseñó el SPCR Externo utilizando Puntas Franklin. La ubicación y altura de los captores se verificaron mediante el método de la esfera rodante, asegurando la cobertura total de la estructura, para el cual se ha hecho un extenso uso del software AutoCad Electrical para diseñar las vistas laterales del inmueble y posicionar las puntas en un lugar adecuado para la instalación. El diseño se completó con la especificación del sistema de bajada y la puesta a tierra, cumpliendo con los objetivos de protección contra impactos directos para el inmueble.

Bibliografía

Las siguientes fuentes representan a modo de bibliografía el material y los catálogos utilizados para la selección de componentes para esta instalación. Estos últimos han sido provistos por la cátedra de Instalaciones Eléctricas:

1. Tomado del [Área Colectora Equivalente de una Estructura en un Suelo Llano](#).
2. Tomado del [Mapa Cerámico de la Argentina](#).
3. Valores deducidos de las [Tablas de Coeficientes para SPCR](#).
4. Tomado del [Nivel de Protección de un Inmueble en base a la Eficiencia](#).
5. Tomado de la [Colocación del Dispositivo Captor en Función del Nivel de Protección](#).
6. Tomado de las [Normas CIRSOC](#).