



**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA**

**Departamento de  
Eléctrica y Electrónica**

**Carrera: Ingeniería Electromecánica**



**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **Rediseño y Optimización de los Sistemas de Puesta a Tierra y Apantallamientos de la Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# OBJETIVO GENERAL

Rediseñar y optimizar los Sistemas de Puesta a Tierra y Apantallamientos de la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO CAMPUS SANGOLQUÍ, realizando las respectivas mediciones de campo y los levantamientos de datos del Sistema Eléctrico de Potencia.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Actualizar los datos de carga instalada del Sistema Eléctrico de Potencia.
- Realizar el levantamiento de datos del Sistema de Puesta a Tierra y Apantallamientos existentes.
- Realizar mediciones de campo en los Sistemas de Puesta a Tierra.
- Rediseñar y optimizar el sistema de puesta a tierra y apantallamientos considerando los resultados técnicos de los datos obtenidos de las mediciones de campo realizadas y del levantamiento de carga del sistema eléctrico de potencia.



# JUSTIFICACIÓN

La Confiabilidad del Sistema Eléctrico, el cual nos permita tener el correcto y óptimo funcionamiento del sistema , que garantice que la corriente que se origine en el evento de una falla a tierra y que esté relacionado con una descarga atmosférica pueda conducirse a tierra de tal modo que no ocurran daños a los equipos o lesiones a las personas, brindando seguridad.



# IMPORTANCIA

La importancia de un Sistema de Puesta a Tierra y Apantallamiento radica principalmente en la protección de las personas, edificaciones, equipos eléctricos y electrónicos, contra los efectos producidos por: descargas atmosféricas, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y contactos indirectos por corrientes de fuga a tierra.

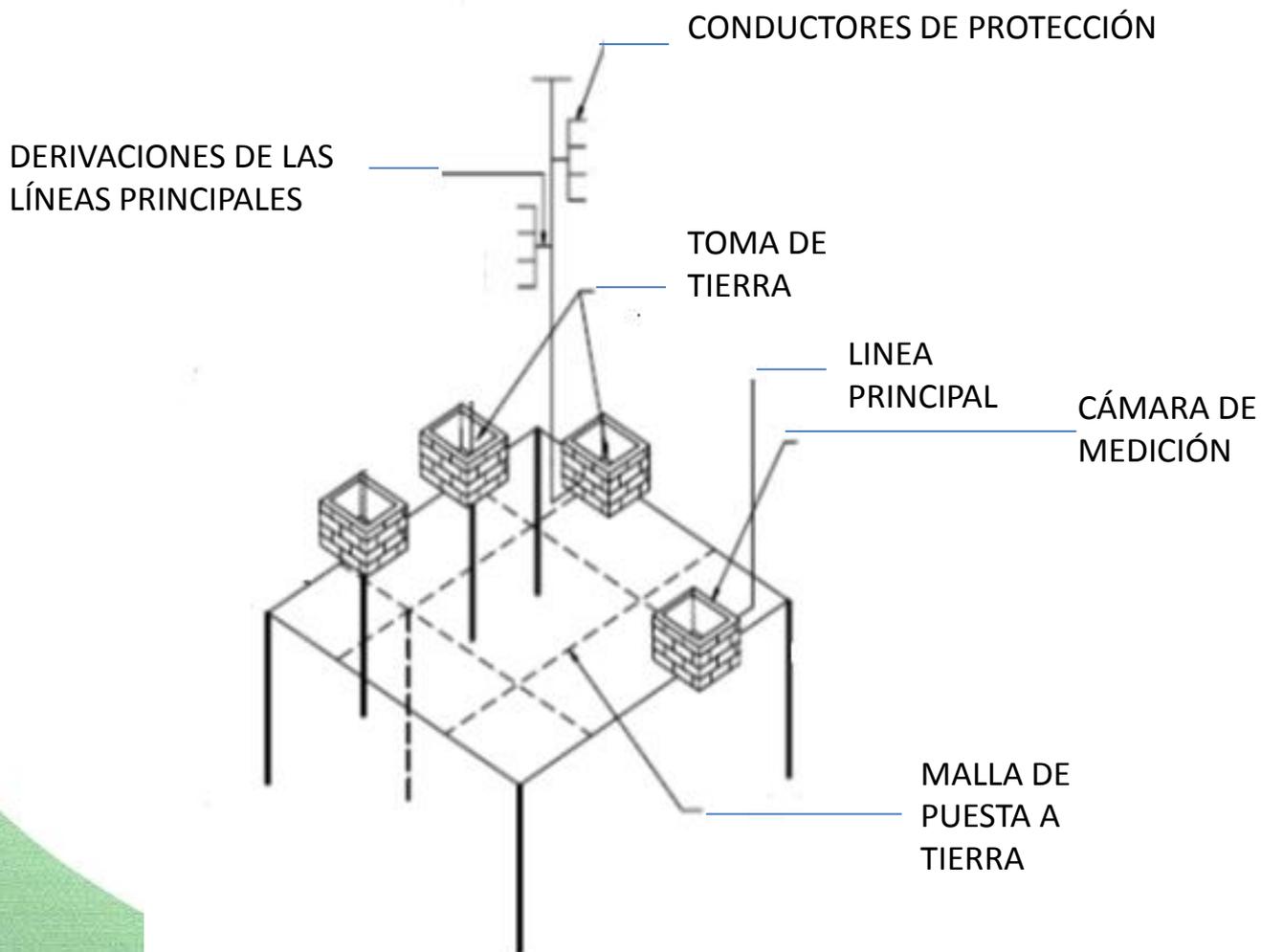


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



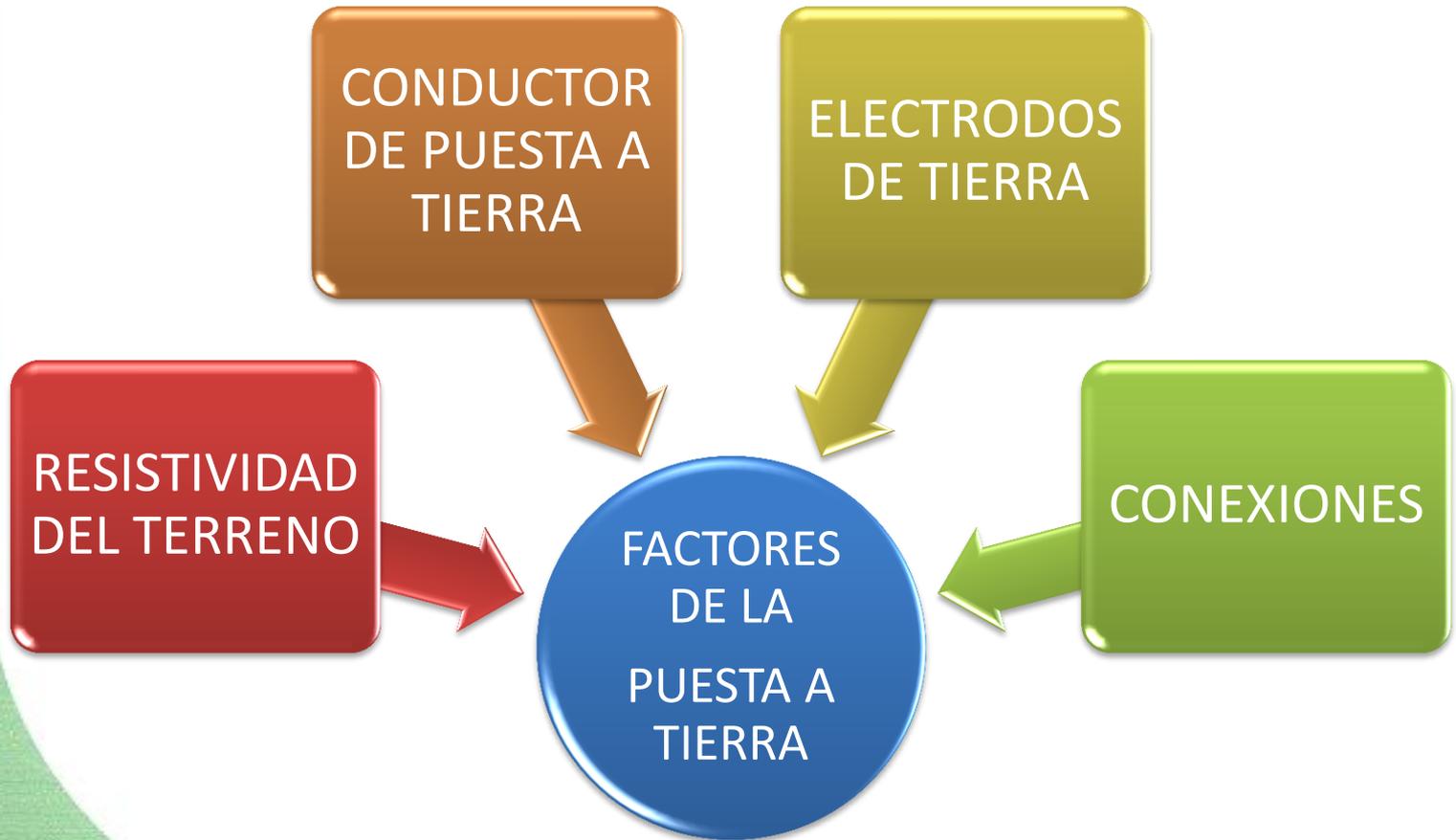
## ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PUESTA A TIERRA





# RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Composición  
del terreno

Humedad

Temperatura

Concentración  
de las sales  
disueltas en  
agua

FACTORES



## CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

- ✓ Magnitud de la corriente de falla a tierra.
- ✓ Duración de la corriente de falla a tierra.
- ✓ Elevación máxima permisible de temperatura.



## ELECTRODOS DE TIERRA

- ✓ El material debe tener buena conductividad eléctrica.
- ✓ No corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo.
- ✓ Se pueden diseñar puestas a tierra con varillas, mallas, placas o cintas metálicas.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# CONEXIONES

- ✓ Conexiones Mecánicas
- ✓ Conexiones Exotérmicas

[FACTORES](#)



# TIPOS DE PUESTAS A TIERRA

- PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN “*SAFETY GROUND*” (PE), PARA EQUIPOS.
- PUESTA A TIERRA DE SERVICIO “*SIGNAL GROUND*” (FE), PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS.
- SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE RAYOS O “*LIGHTNING GROUND*”.
- PUESTA A TIERRA TEMPORALES. (PARA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO)



## VALORES DE REFERENCIA DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

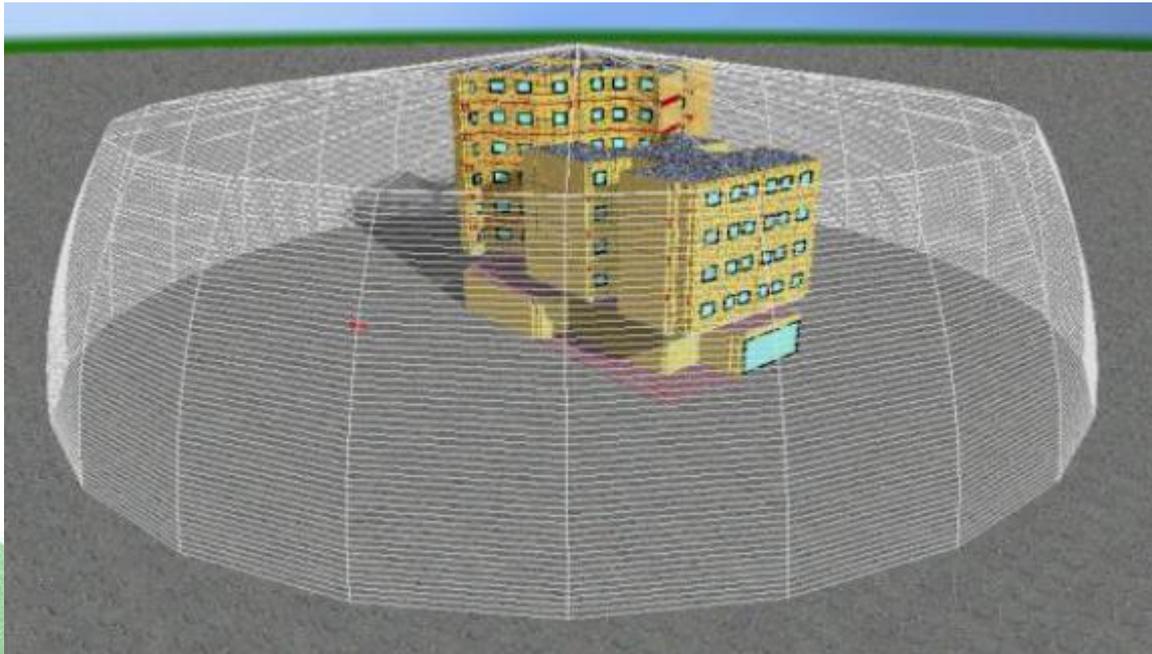
APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torres metálicas de distribución con cable de guarda	20 $\Omega$
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 $\Omega$
Subestaciones de media tensión	10 $\Omega$
Protección contra rayos	10 $\Omega$

El valor de resistencia de puesta a tierra debe ser de 10 $\Omega$  para instalaciones aéreas y 5 $\Omega$  para instalaciones subterráneas  
(Normas EEQ S. A. Parte A: Sección A-12.10. ANEXO 2)



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (APANTALLAMIENTOS)

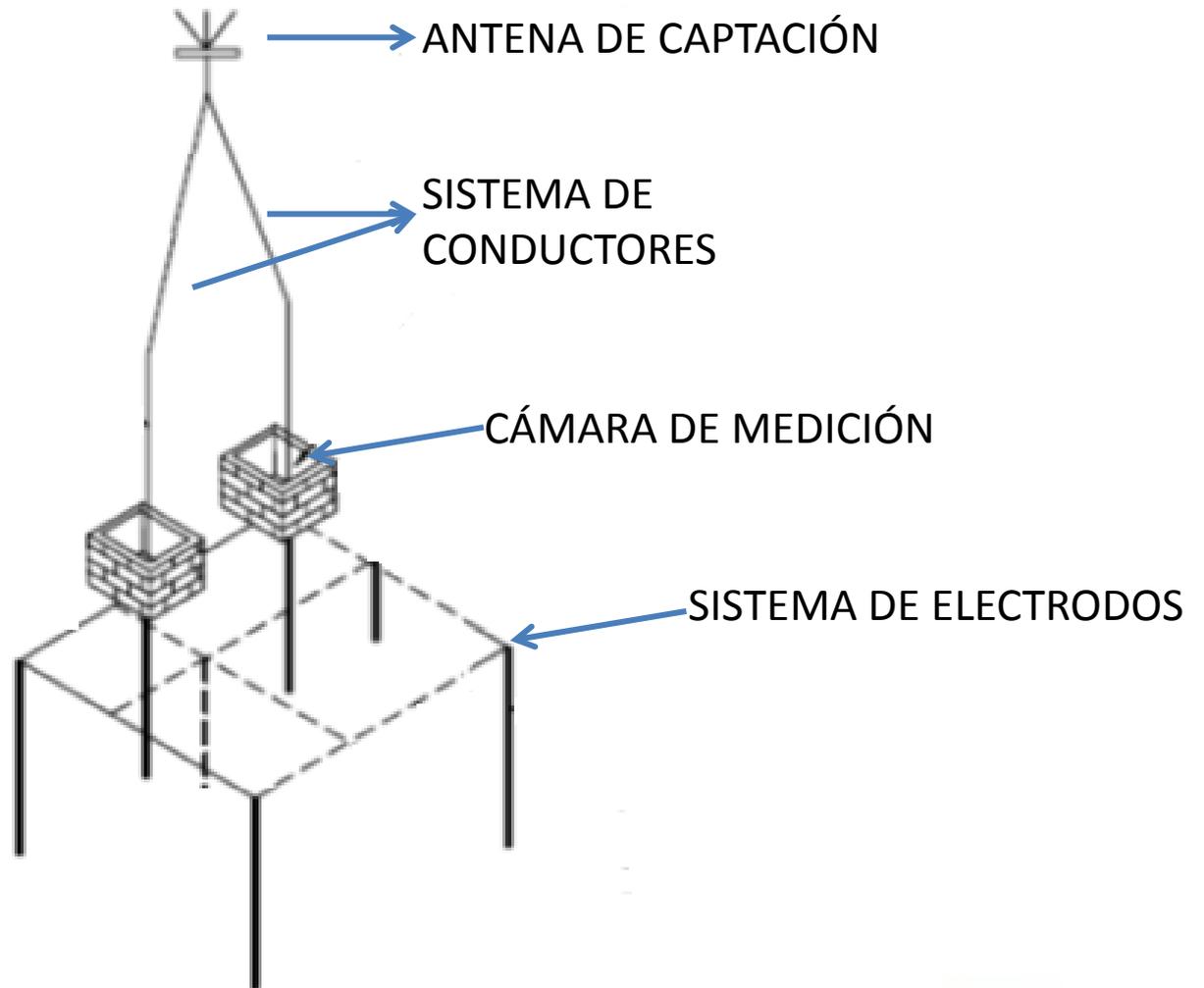




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS





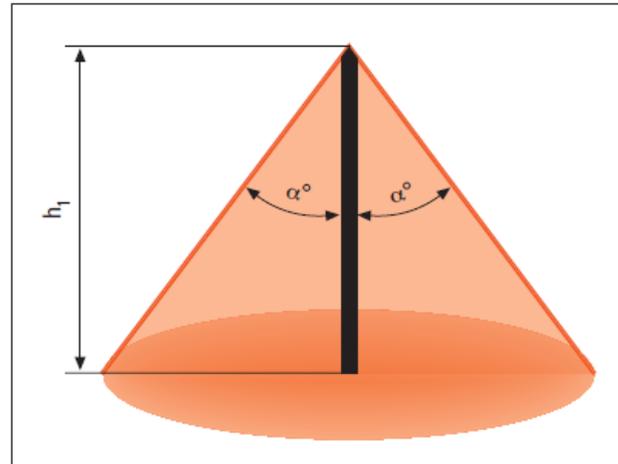
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# ZONAS DE PROTECCIÓN



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

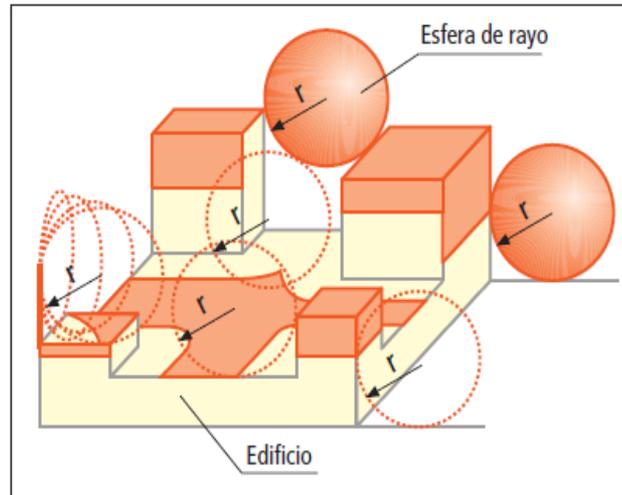
# CONO DE PROTECCIÓN





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

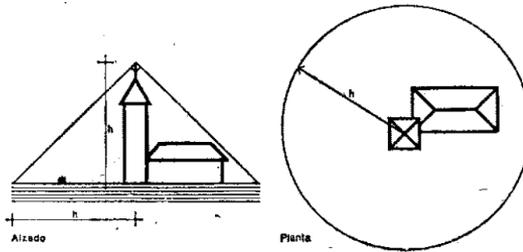
# ESFERA RODANTE



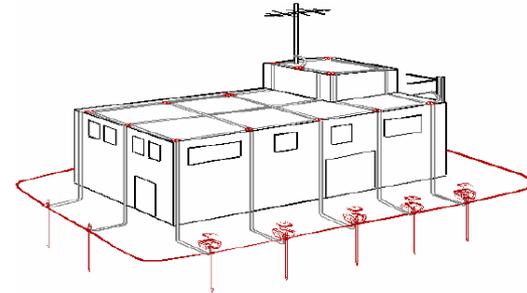


# TIPOS DE APANTALLAMIENTOS

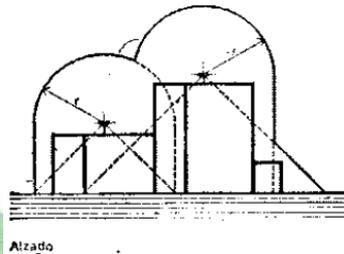
SISTEMA DE PUNTA DE FRANKLIN



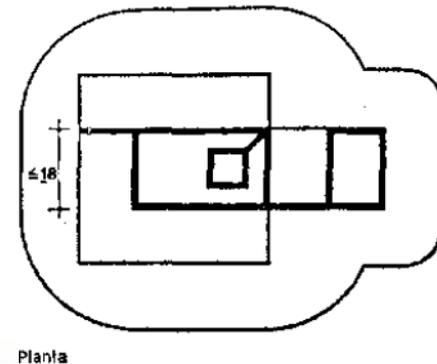
SISTEMA TIPO JAULA DE FARADAY



SISTEMA RADIOACTIVO



SISTEMA RETICULAR





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **PROCEDIMIENTO PARA EL REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA Y APANTALLAMIENTOS**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# LEVANTAMIENTO DE DATOS

Empresa Eléctrica Quito  
22,8 KV

Medidor

CT1  
160 KVA



CT6  
300 KVA



CT2  
350 KVA



G2



CT3  
112 KVA



G1 y G3



CT5  
75 KVA



CT9  
100 KVA



CT4  
400 KVA



CT8  
50 KVA



CT7  
160 KVA





## Distribución de los Centros de Transformación

Centro de Transformación	KVA	Voltaje Nominal (Primario/Secundario)	Impedancia (%)	Dependencias
CT1	160	22.8 KV / 210 - 440 V	2.1	<ul style="list-style-type: none"><li>-Sistema integrado de Salud</li><li>-Cajero automático</li><li>-Prevención</li><li>-Alumbrado(exterior, estacionamientos paso peatonal, parque Cívico, avenida)</li><li>-Centro de información (futuro)</li></ul>
CT2	350	22.8 KV / 210-121 V	4	<ul style="list-style-type: none"><li>-Biblioteca</li><li>-Edificio Administrativo</li></ul>
CT3	112.5	22.8 KV / 210-121 V	4.26	<ul style="list-style-type: none"><li>-CEINCI</li><li>-Lab. Física</li><li>-Lab. Resistencia de materiales</li><li>-Idiomas</li><li>-Alumbrado exterior</li><li>-Bombas de agua</li></ul>



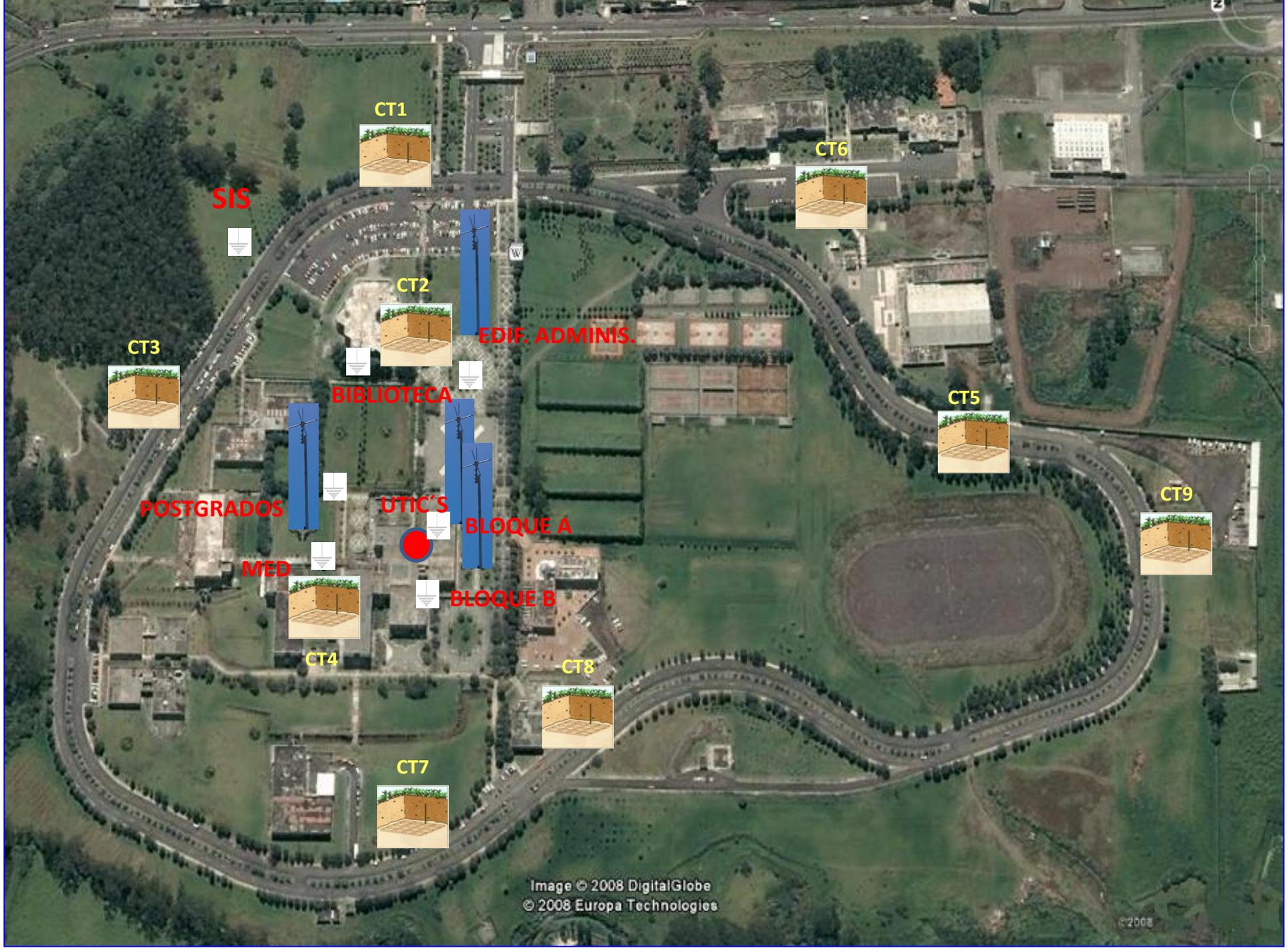
## Distribución de los Centros de Transformación

Centro de Transformación	KVA	Voltaje Nominal (Primario/Secundario)	Impedancia (%)	Dependencias
CT4	400	22.8 KV / 240-120 V	4	<ul style="list-style-type: none"><li>-MED</li><li>-Bloque A y B</li><li>-Banco, Bar, Salón 2000 y 2001</li><li>-Lab. Metalurgia</li><li>-Lab. Electrónica</li><li>-Lab. Geográfica</li><li>-Postgrados</li><li>-Alumbrado exterior</li><li>-UTI'S</li></ul>
CT5	75	22.8 KV / 210 -121 V	3.99	<ul style="list-style-type: none"><li>-Coliseo</li><li>-Talleres</li><li>-Reflectores canchas</li><li>-Iluminación Avenida</li></ul>
CT6	300	22.8 KV /210- 121 V	4.5	<ul style="list-style-type: none"><li>-Residencia (bloques A,B,C,D)</li><li>-Imprenta</li><li>-Bodega de alimentos</li><li>-Departamento de desarrollo Físico</li><li>-Fogón</li><li>-Alumbrado Exterior</li><li>-Máquina KBA Planeta</li><li>-Lavandería</li></ul>



## Distribución de los Centros de Transformación

Centro de Transformación	KVA	Voltaje Nominal (Primario/Secundario)	Impedancia (%)	Dependencias
CT7	160	22.8 KV / 240-121 V	3.3	-Laboratorio de Mecánica -Bombas de agua del invernadero
CT8	50	22.8 KV / 400-231 V	2.7	-Lab. de Brazos Robóticos -Bomba de Gasolina
CT9	100	22.8 KV / 210-121 V	3.3	-Galpones CICTE -Garita posterior



SIS

CT1



CT6



CT2



EDIF. ADMINIS.

CT3



BIBLIOTECA

CT5



POSTGRADOS

UTIC'S

BLOQUE A

CT9



MED

BLOQUE B



CT4

CT8



CT7





**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS PUESTAS A TIERRA**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Probador de Pinza para Resistencia de Tierra, modelo 382356 de la marca EXTECH INSTRUMENTS





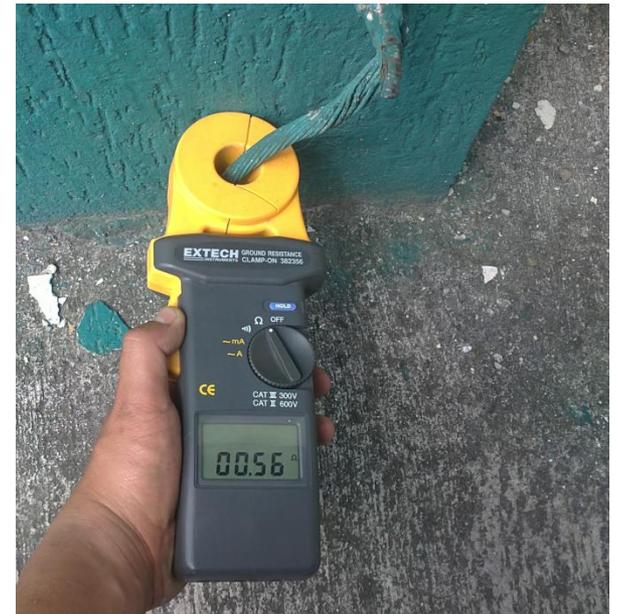
## PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA

1. Abra las quijadas de la pinza
2. Encienda el medidor moviendo el conmutador giratorio a la posición Ohms  $\Omega$ .
3. Una vez terminado el procedimiento inicial de calibración, Localice el conductor de tierra donde se va a realizar la medición.
4. Fije la pinza al conductor de tierra.
5. Lea el valor de la resistencia de tierra en la pantalla.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA





## Distribución de los Sistemas de Puesta a Tierra

TIPO DE TIERRA	DEPENDENCIA	Valor en ohmios ( $\Omega$ )
De servicio	Cámara N° 1	3.12
	Cámara N° 2	1.05
	Cámara N° 3	5.93
	Cámara N° 4	1.43
	Cámara N° 5	4.21
	Cámara N° 6	3.63
	Cámara N° 7	4.53
	Cámara N° 8	4.80
	Cámara N° 9	2.35



## Distribución de los Sistemas de Puesta a Tierra

TIPO DE TIERRA	DEPENDENCIA	Valor en ohmios ( $\Omega$ )
De protección	Sistema Integrado de Salud	0.56
	Biblioteca	1.24
	Edificio Administrativo	4.27
	Bloque A	1.35
	Bloque B	2.48
	Edificio MED	3.48
	Centro de Postgrados	<b>11.30</b>



## Distribución de los Sistemas de Puesta a Tierra

TIPO DE TIERRA	DEPENDENCIA	Valor en ohmios ( $\Omega$ )
Pararrayos	En edificio administrativo	1.28
	En bloque central A-B	13.24
	En bloque central C-D	0.68
Especial	UTIC'S	1.63



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Medidor Digital de Resistencia de Puesta a Tierra modelo 4630 de la marca AEMC INSTRUMENTS.

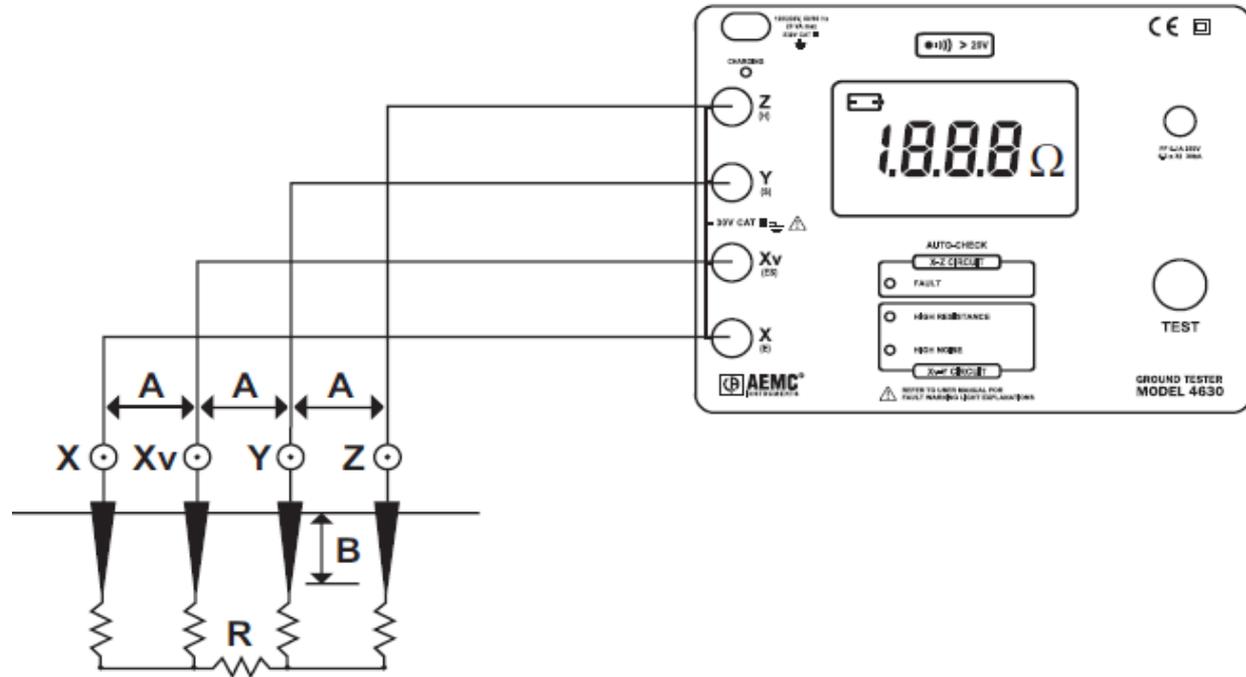




# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD





## PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD

1. Comprobar que el puente no esté conectado entre los bornes
2. Clavar los cuatro electrodos en línea recta, separados a una distancia A.
3. Conectar los electrodos de prueba a los bornes mediante los cables.
4. Pulsar el botón y mantenerlo pulsado hasta que aparezca la medida.
5. Calcular la resistividad del suelo con la siguiente fórmula:

(Con A en pies)



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE RESISTIVIDAD





# ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## Mediciones de Resistividad del Terreno

N° Medición	Temperatura en ° C	Lectura del Telurímetro en $\Omega$	Distancia A entre electrodos en pies	Resistividad del terreno en $\Omega.m$
1	20	1,38	10	26,43
2	20	0,73	15	20,97
3	20	0,53	15	15,22
4	20	0,87	15	24,99
5	20	1,27	10	24,32
6	20	0,61	15	17,52
7	20	0,9	15	25,85
8	20	0,68	15	19,53
9	20	0,81	15	23,27
10	20	1,09	15	31,31



**ESPE**

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA



## CRITERIOS DE REDISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

- Valores de resistencia de las Puestas a Tierra
- Valores de resistividad del terreno
- Corriente máxima de falla.
- Tiempo de despeje de la falla.
- Perímetro externo del área de instalación



## Metodología de la IEEE Std. 80

<b>PASO 1</b>	<b>ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS DE CAMPO</b>
<b>PASO 2</b>	<b>CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>
<b>PASO 3</b>	<b>LIMITES DE TENSIONES PELIGROSAS</b>
<b>PASO 4</b>	<b>DISEÑO BÁSICO DE LA MALLA</b>
<b>PASO 5</b>	<b>LA RESISTENCIA DE LA RED</b>
<b>PASO 6</b>	<b>LA I MÁX DE MALLA Y EL AUMENTO DE POT. DE TIERRA</b>
<b>PASO 7</b>	<b>TENSIÓN DE MALLA EN CASO DE FALLA</b>
<b>PASO 8</b>	<b>TENSIÓN DE PASO EN CASO DE FALLA</b>



## PASO 1 - ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS DE CAMPO

El área donde se ubica la malla de Puesta a Tierra:

Zona con árboles alrededor a la cual no acude gran cantidad de personas

Las dimensiones del predio donde se ubicará la malla:

Largo = 16.78 m; ancho=10.65m; área =

La resistividad de : 31.31 (ohm-m)

Datos de campo del Transformador:

Datos para la malla:



## PASO 2 - DETERMINAR EL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Se obtiene la corriente de cortocircuito:

$$\frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$I_{sc}$$

$$I_{sc}$$

$$\sqrt{3}$$

$$\sqrt{3}$$



**Tabla 2. 12. Dimensiones de conductores de puesta a tierra**

Calibre del Conductor		Área nominal	Diámetro
kcmil	AWG	( )	( )
350		177.35	0.0150
300		152.01	0.0139
250		126.68	0.0127
211.6	4/0	107.22	0.0117
167.8	3/0	85.03	0.0104
133.1	2/0	67.44	0.0093

Tomando en cuenta las normas nacionales (NEC 250-81 y de la Empresa Eléctrica Quito) e internacionales (IEEE Std. 80) el mínimo conductor a usarse en sistemas de protección a tierra es el cable de cobre #2 AWG de siete hilos.



## PASO 3 - LIMITES DE TENSIONES PELIGROSAS (Criterio de tensiones de Toque y Paso)

$$\frac{(\quad)}{\sqrt{\quad}} \quad \frac{(\quad)}{\sqrt{\quad}}$$

$$\frac{(\quad)}{\sqrt{\quad}} \quad \frac{(\quad)}{\sqrt{\quad}}$$





## PASO 5 – CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED

$$\frac{1}{\sqrt{R}} + \frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R}} \left( \frac{1}{\sqrt{R}} + \frac{1}{\sqrt{R}} \right)$$

$\Omega$

La resistencia teórica de la malla debe estar dentro de los valores mencionados, que para este caso debe ser menor a 5  $\Omega$



## PASO 6 –CÁLCULO DE LA CORRIENTE MÁXIMA DE MALLA Y EL AUMENTO DE POTENCIAL DE TIERRA

Se Compara este resultado con el  $I_{GPR}$ ,  
>

En el caso de:  $GPR > I_{GPR}$ , deben calcularse las tensiones de malla y de paso en caso de falla.



## PASO 7 –CÁLCULO DE LA TENSION DE MALLA EN CASO DE FALLA

$$\frac{L}{\left[ \left( \frac{L}{\sqrt{A}} \right) \right]}$$

Dónde:

$$L = \left[ \left( \frac{L}{\sqrt{A}} \right) \right] - \left[ \left( \frac{L}{\sqrt{A}} \right) \right]$$

Para mallas con electrodos de varilla a lo largo del perímetro, en las esquinas o dentro de la malla.

Para mallas sin electrodos tipo varilla o con pocas varilla dentro de la malla.

$$\sqrt{A}$$



Dónde:

$$\frac{\sqrt{F}}{\sqrt{v}} ;$$
$$\left( \frac{\quad}{\quad} \right)^{\quad} [m]$$

$$\frac{\sqrt{\quad}}{\quad} \frac{(\quad)}{\quad}$$
$$\frac{\quad}{\quad} \frac{[\quad]}{(\quad)}$$
$$\quad [ \quad ]$$

$$\frac{\quad}{\left[ \frac{\quad}{\sqrt{\quad}} \right]}$$

Si  
Si

, se debe cambiar la configuración de la malla;  
, se puede pasar a calcular la tensión de paso.

< ; Por lo tanto ahora se procede al siguiente paso.



## PASO 8 –CÁLCULO DE TENSIÓN DE PASO EN CASO DE FALLA

\_\_\_\_\_ [V]

- [ \_\_\_\_\_ - ( \_\_\_\_\_ ) ]

- [ \_\_\_\_\_ - ( \_\_\_\_\_ ) ]

\_\_\_\_\_

Si

Si

cambiar la configuración de la malla;  
, el diseño ha terminado

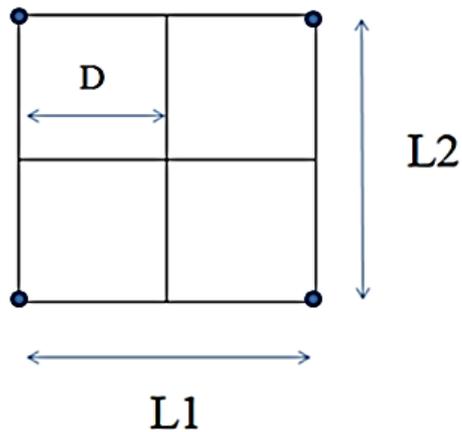
<

; Por lo tanto nuestro rediseño ha

terminado.



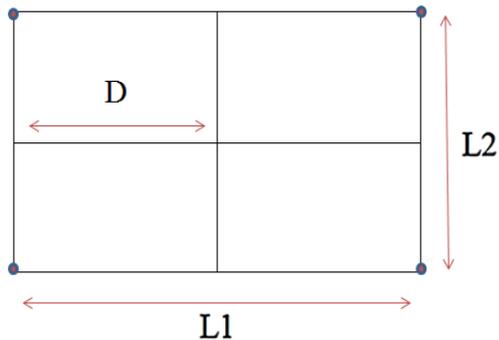
## MALLA PARA LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N° 3



- La malla consta de 4 varillas, ubicadas en un área de 36 y aproximadamente requiere de 43,2 m de cable de cobre #2 AWG de siete hilos.
- El tipo de terreno donde se ubica la cámara de transformación, presenta una resistividad de  $31,31 \Omega\text{m}$ . La configuración de esta malla nos ofrece una resistencia de  $2,74 \Omega$ .
- El conductor de la malla debe estar enterrado a una profundidad de 0,5 m, y los electrodos ubicados a distancias  $L1= 6\text{m}$ ,  $L2= 6\text{m}$  y  $D= 3\text{m}$ .
- Las conexiones deben ser realizadas con suelda exotérmica



## MALLA PARA EL EDIFICIO DE POSTGRADOS Y PARARRAYOS DEL NÚCLEO CENTRAL A-B



- La malla consta de 4 varillas, ubicadas en un área de 21 y aproximadamente requiere de 30,02 m de cable de cobre #2 AWG de siete hilos.
- La configuración de esta malla nos ofrece una resistencia de 3,6  $\Omega$ .
- El conductor debe estar enterrado a una profundidad de 0,5 m, y los electrodos ubicados a distancias  $L1=7\text{m}$ ,  $L2=3\text{m}$  y  $D=3,5\text{m}$ .
- Las conexiones deben ser realizadas con suelda exotérmica



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **REDISEÑO DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**



Será necesario instalar pararrayos (según norma NTE-IPP)

- En edificios cuya altura sea superior a 43 m.
- En aquellos en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, explosivas o fácilmente inflamables.
- En todos aquellos cuyo índice de riesgo, según cálculo, sea superior a 27 unidades.



## **CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO PARA LOS PARARRAYOS INSTALADOS EN LA ESPE – SANGOLQUI.**

El procedimiento para obtener el índice de riesgo, es mediante la suma:  $a + b + c$ . Cuando el índice de riesgo es mayor que 27 entonces se precisa la instalación de pararrayos.

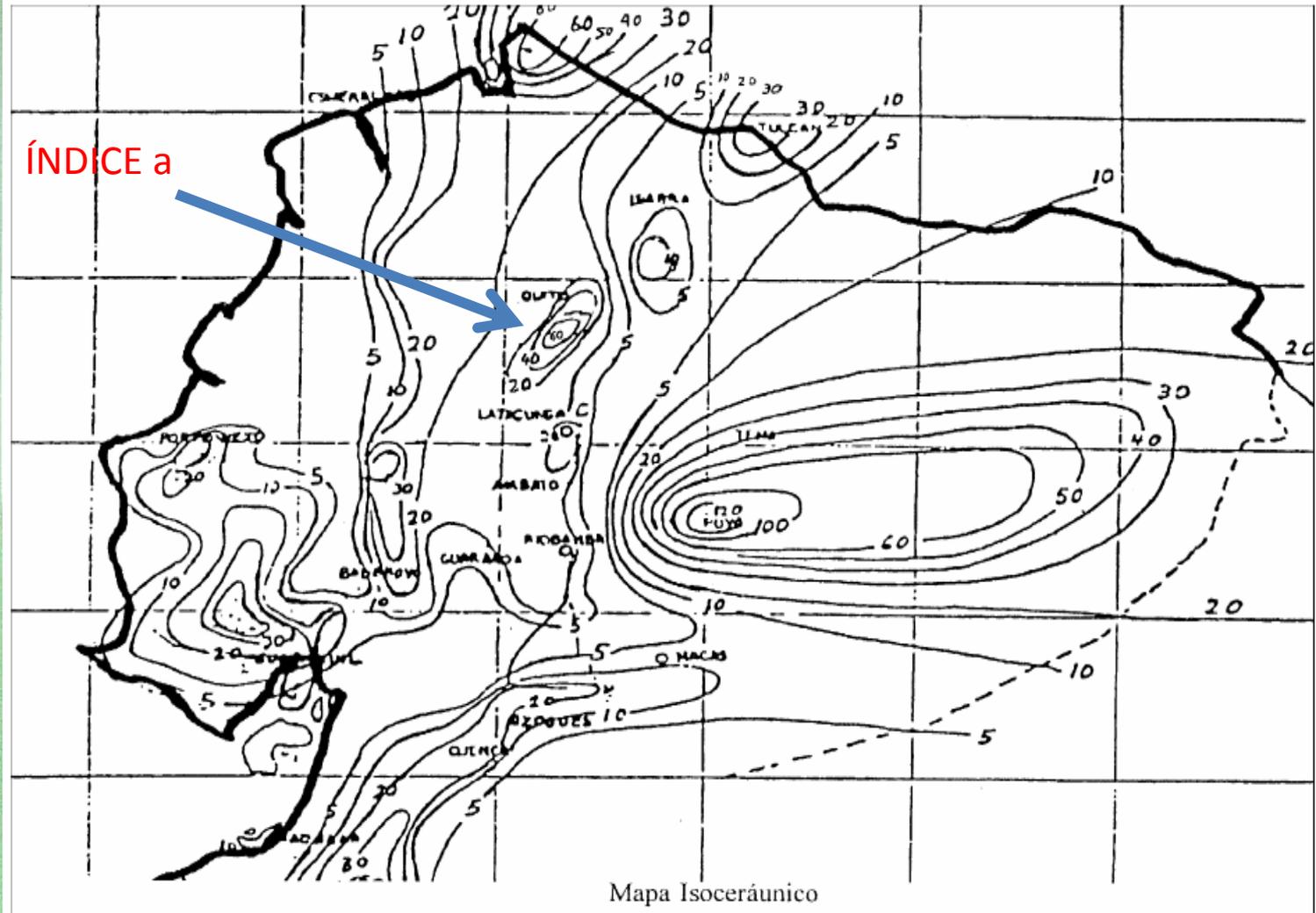
Donde “a” se determina por las coordenadas geográficas en el mapa isocerámico

El coeficiente “b” se determina según la el tipo de estructura, de cubierta y la altura del edificio, como lo muestra la tabla 2.16.

El coeficiente “c” se determina según las condiciones topográficas, árboles y edificios circundantes y tipo de edificio, como lo muestra la tabla 2.17.



## MAPA ISOCERAÚNICO





**Tabla 2.16: Cálculo del índice de riesgo. Coeficiente “b”**

Tipo de estructura	Tipo de cubierta	Altura del edificio en metros																				
		4	9	12	15	18	20	22	24	26	28	30	31	33	34	36	38	39	40	42	43	44
Metálica o de hormigón armado	No metálica	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	...
	Metálica	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...
De ladrillo, hormigón en masa o mampostería	No metálica	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	...
	Metálica	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...	...	...	...
De madera	No metálica	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...	...	...
Cualquiera	De ramaje vegetal	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...	...	...	...	...	...

**ÍNDICE b**





Tabla 2.17: Cálculo del índice de riesgo. Coeficiente “c”

ÍNDICE c

Condiciones topográficas			Árboles y edificios circundantes		Tipo de edificio	
Terreno	Altitud	Altura respecto del edificio	Número	Vivienda unifamiliar	Bloques de viviendas u oficinas	Otros edificios
Llano	Cualquiera	Igual o mayor	Abundante	0	5	8
		Igual o mayor	Escaso	3	8	11
		Menor	Cualquiera	8	13	16
Ondulado	Cualquiera	Igual o mayor	Abundante	4	9	12
		Igual o mayor	Escaso	7	12	15
		Menor	Cualquiera	12	17	20
Montañoso	300 a 900 m	Igual o mayor	Abundante	6	11	14
		Igual o mayor	Escaso	9	14	17
		Menor	Cualquiera	14	19	22
	Superior a 900 m	Igual o mayor	Abundante	8	13	16
		Igual o mayor	Escaso	11	16	19
		Menor	Cualquiera	16	21	24

El índice de riesgo :  $a + b + c = 60 + 13 + 9 = 82$

Como el índice de riesgo es mayor que 27 entonces se precisa la instalación de pararrayos.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# **ESTADO ACTUAL DE LOS APANTALLAMIENTOS DE LA ESPE SANGOLQUÍ**



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

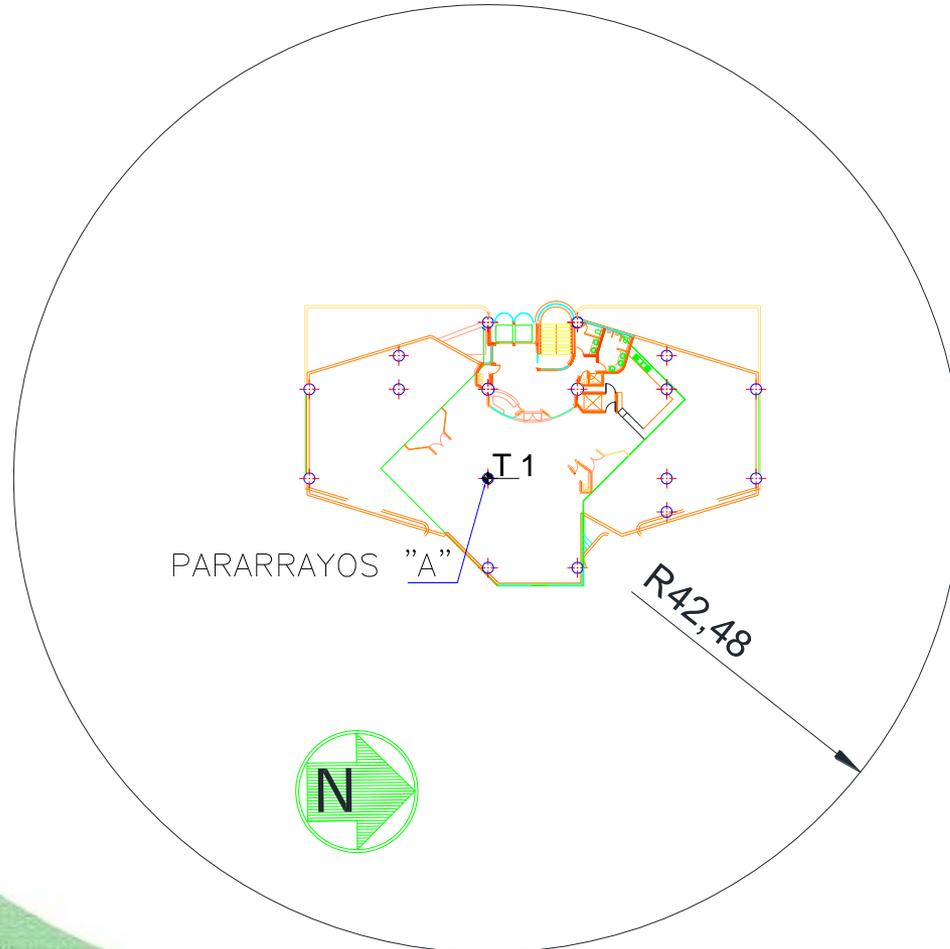
## EDIFICIO ADMINISTRATIVO PARARRAYOS «A», CONO DE PROTECCIÓN





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

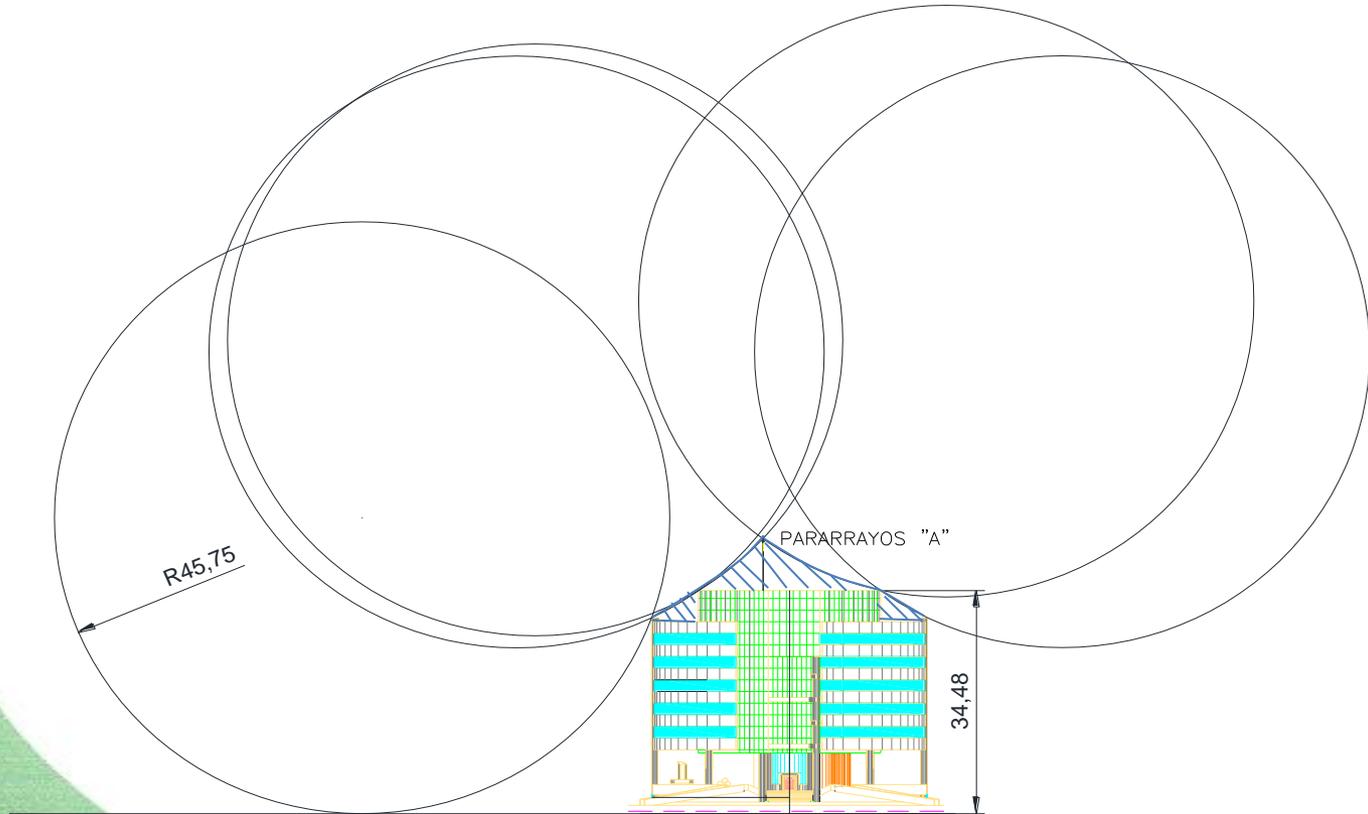
## EDIFICIO ADMINISTRATIVO PARARRAYOS «A», CONO DE PROTECCIÓN





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

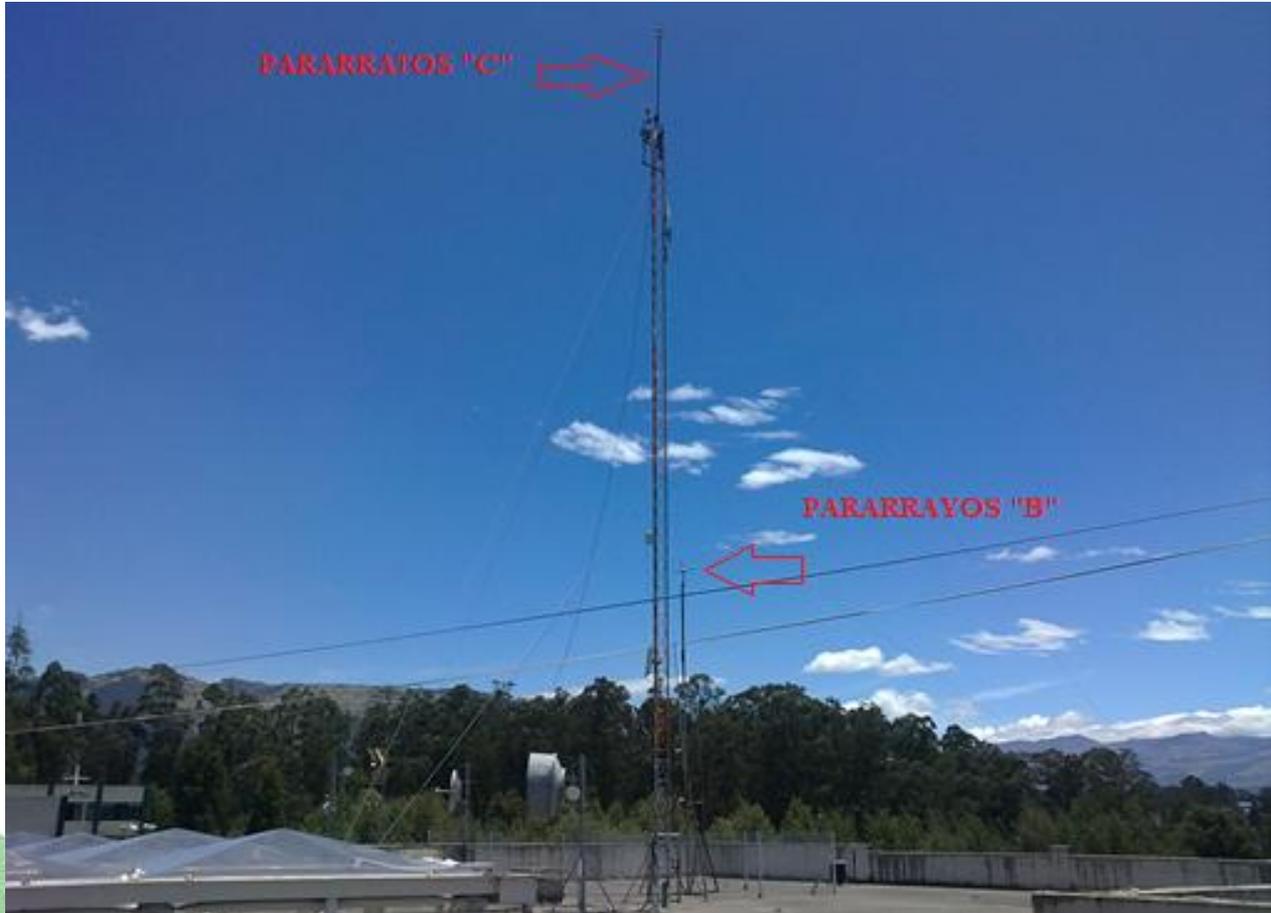
# EDIFICIO ADMINISTRATIVO PARARRAYOS «A», ESFERA RODANTE





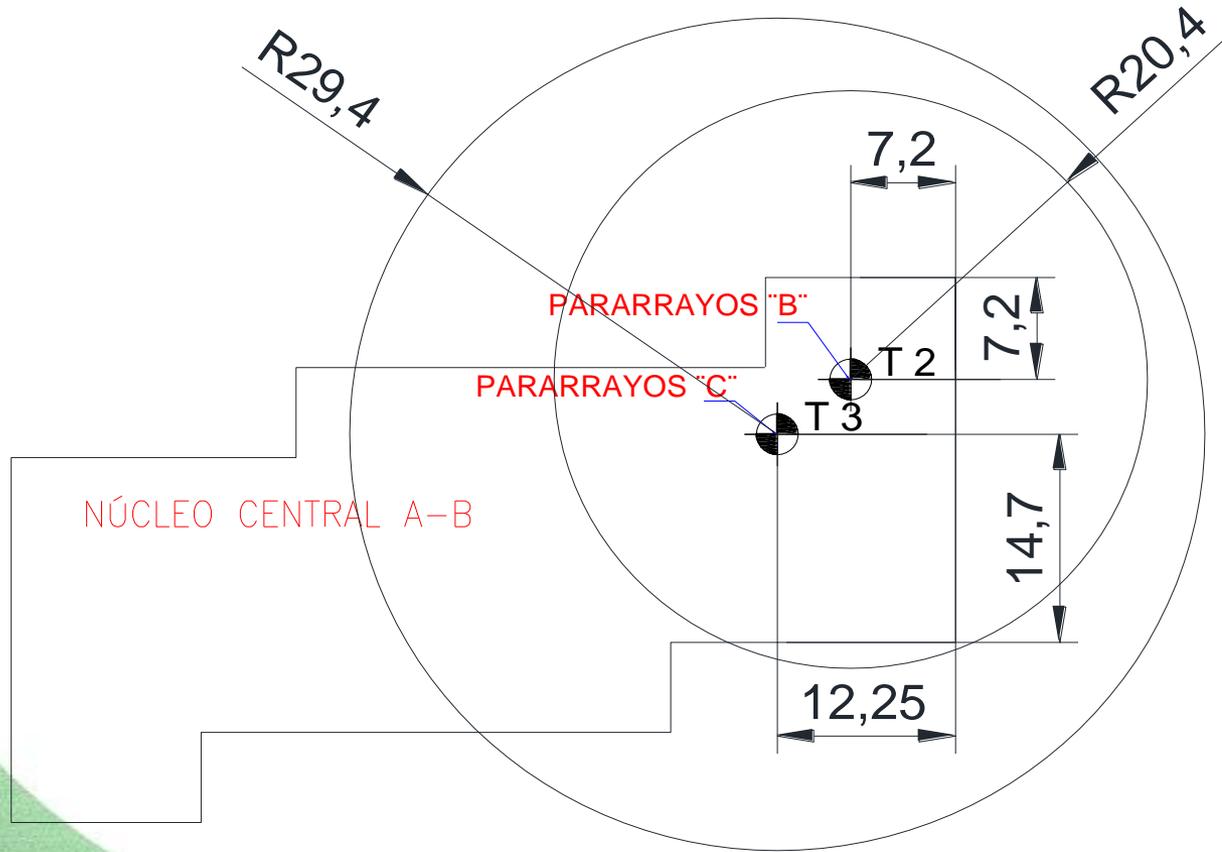
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL A-B , PARARRAYOS «B» Y «C»





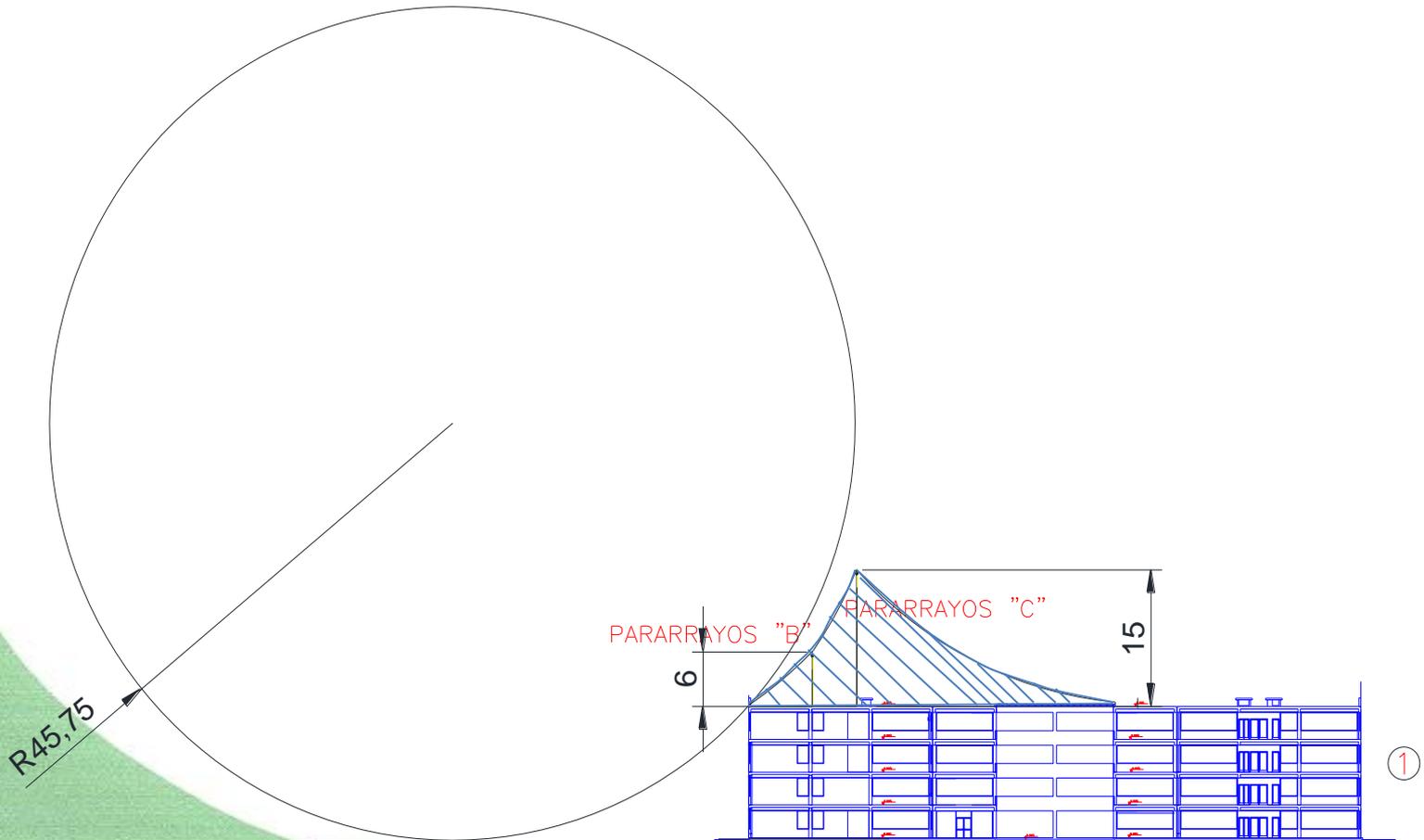
## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL A-B , PARARRAYOS «B» Y «C»





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL A-B , PARARRAYOS «B» Y «C»





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

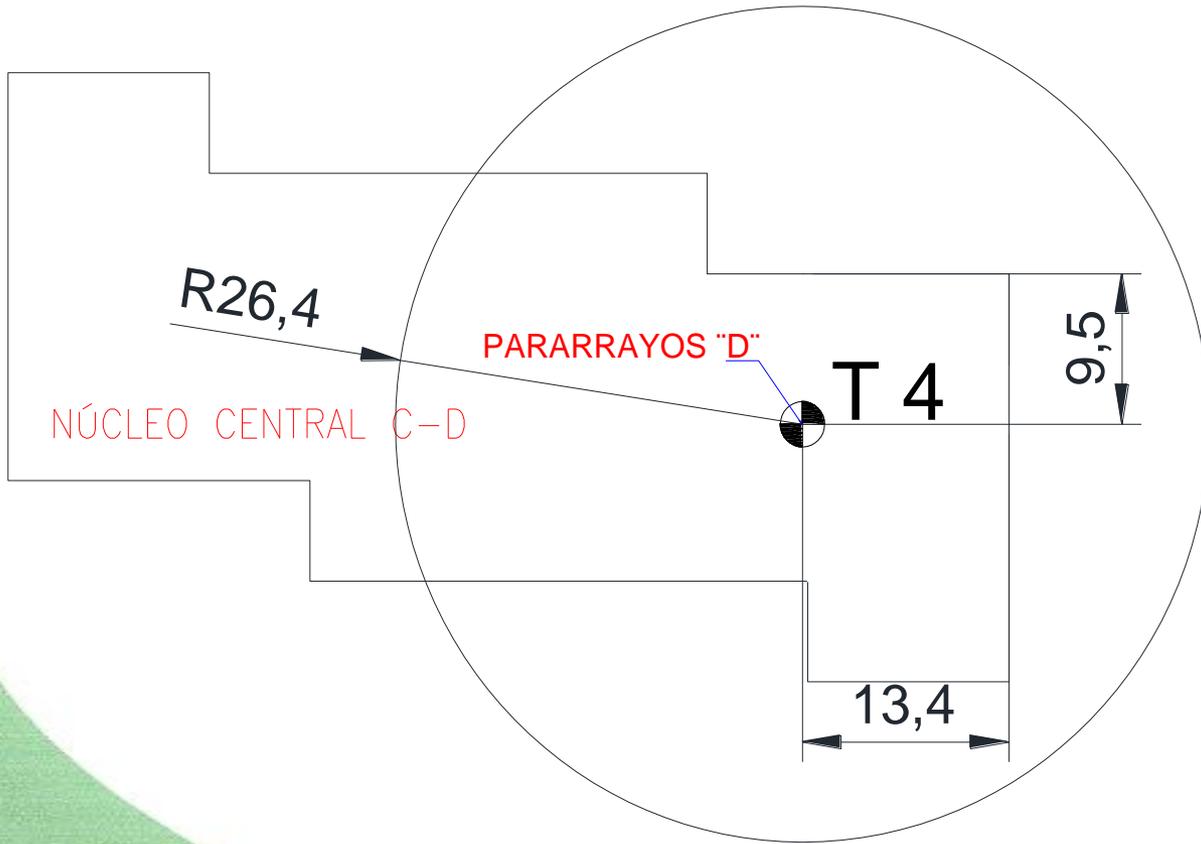
## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL C-D , PARARRAYOS «D»





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

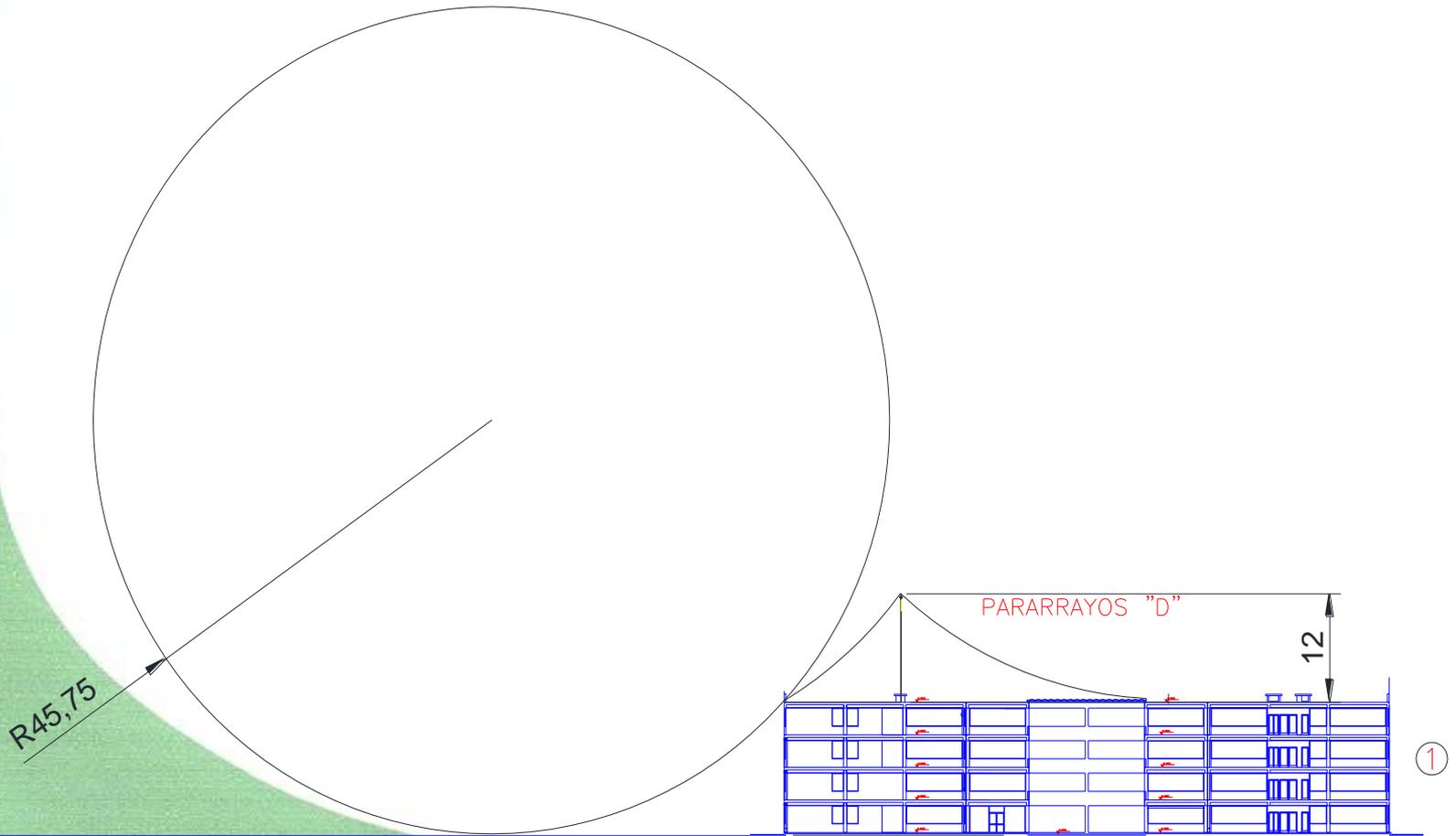
## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL C-D , PARARRAYOS «D»





**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

## EDIFICIO DEL NÚCLEO CENTRAL C-D , PARARRAYOS «D»





## ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE LA ESPE SANGOLQUÍ

Los pararrayos “A”, “B”, “C” y “D” se conectan a sus respectivas tomas de tierra mediante un cable desnudo #2AWG.

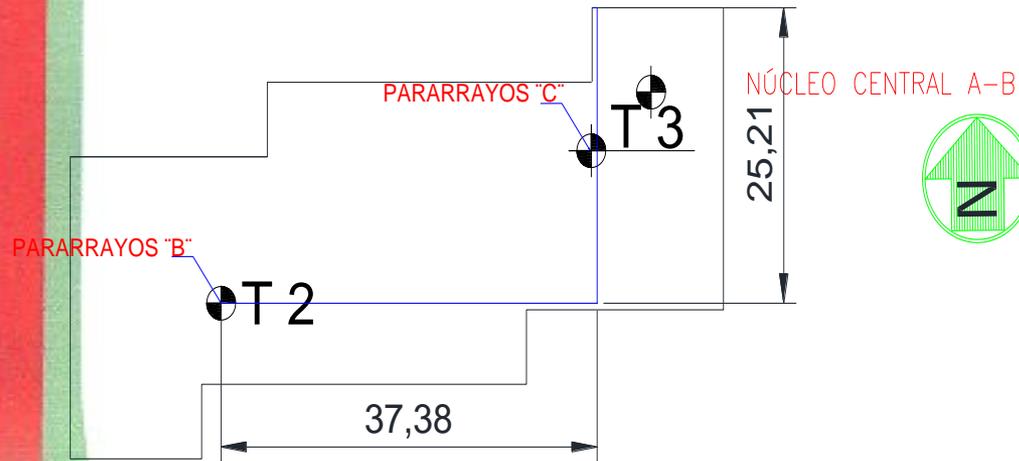
El área de protección del pararrayos “A” es adecuada  
Para los pararrayos “B” ,“C” y “D” tienen una cobertura de protección mínima **que no cubre en su totalidad** las estructuras donde están instalados.

Con las mediciones realizadas, los Sistemas de Puesta a tierra de los pararrayos “A” y “D” tiene una resistencia de  $1.28\Omega$  y  $0.68\Omega$  respectivamente.

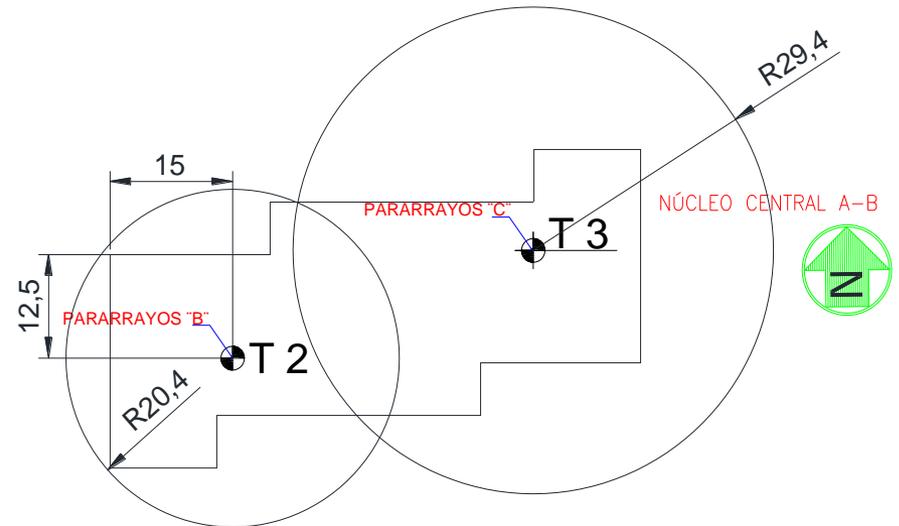
Los pararrayos “B” y “C” están conectados a la misma puesta a tierra cuyo valor es de  $13.24\Omega$  el cual no esta dentro de lo permisible en la norma.



# REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DEL BLOQUE CENTRAL A-B.

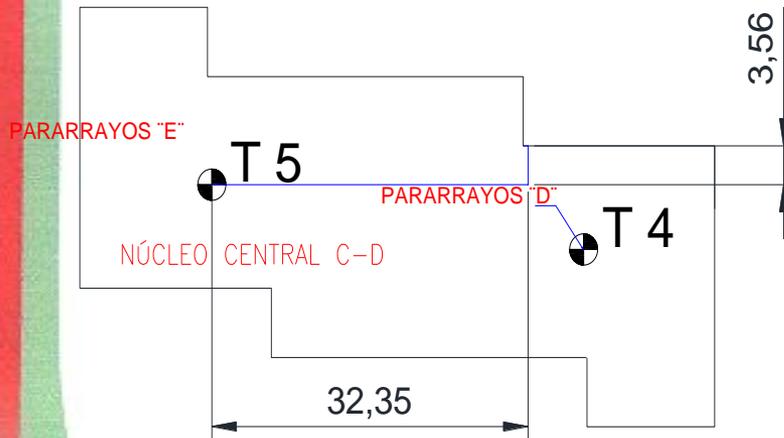


REUBICACIÓN DEL  
PARARRAYOS «B»

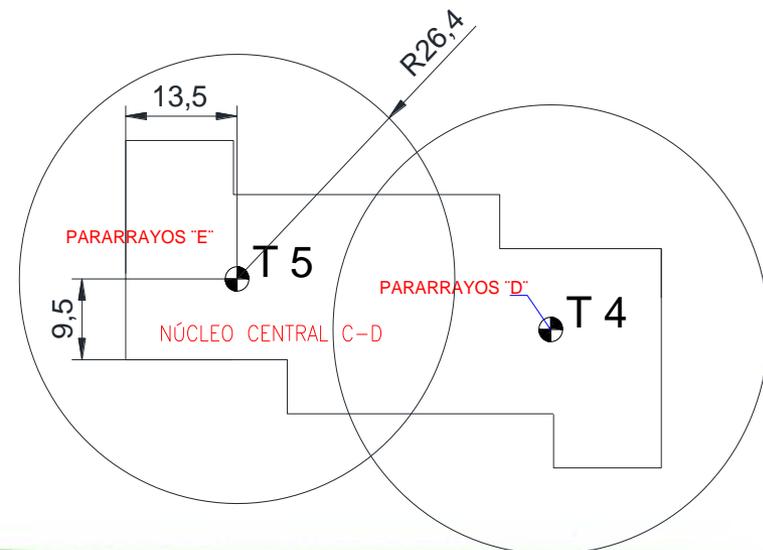




# REDISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DEL BLOQUE CENTRAL C-D



INSTALACIÓN DEL  
PARARRAYOS «E»





## Estudio Técnico - Económico

El costo que implica la integración de todas las mallas tomas de puesta a tierra y de los pararrayos, depende principalmente de la cantidad de cable necesario para unir cada una al punto de referencia.

A continuación se presentan los APU de los rediseños desarrollados:



## APU DE MALLA DE PUESTA A TIERRA 1

1. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Cable de cobre desnudo semiduro #2 AWG 7 hilos	m	43,2	6,84	295,62
Varilla copperweld de 1.8metros de longitud	c/u	4	7,48	29,92
Caja de revisión (0.35 x 0.35 x 1)	m3	1	40,00	40,00
Zanja para la malla	m3	6	12,20	73,20
Conector a varilla 5/8 X 6	c/u	1	1,01	1,01
Barra equipotencial de cobre 1/8 X 3/4	m	0,5	17,21	8,61
Aislador de barra 25 mm	c/u	2	1,08	2,15
Punto de suelda exotérmica capsula 90	c/u	9	5,97	53,75
			<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>504,26</b>
2. MANO DE OBRA		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Supervisor	1	40	2,52	100,85
Electricista	1	40	1,89	75,64
Ayudante	1	40	1,26	50,43
			<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>226,92</b>
3. EQUIPO		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Herramienta menor	1	1	50,43	50,43
				0,00
				0,00
			<b>SUBTOTAL 3</b>	<b>50,43</b>
<b>4. COSTO UNITARIO DIRECTO (1+2+3)</b>				<b>781,60</b>
<b>5. COSTO UNITARIO INDIRECTO</b>			<b>20%</b>	<b>156,32</b>
<b>6. PRECIO UNITARIO CALCULADO (4+5)</b>				<b>937,92</b>
<b>7. PRECIO UNITARIO OFERTADO</b>				<b>937,92</b>



## APU DE MALLA DE PUESTA A TIERRA 2

1. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Cable de cobre desnudo semiduro #2 AWG 7 hilos	m	30,02	6,84	205,43
Varilla copperweld de 1.8metros de longitud	c/u	4	7,48	29,92
Caja de revisión (0.35 x 0.35 x 1)	m3	1	40,00	40,00
Zanja para la malla	m3	6	12,20	73,20
Conector a varilla 5/8 X 6	c/u	1	1,01	1,01
Barra equipotencial de cobre 1/8 X 3/4	m	0,5	17,21	8,61
Aislador de barra 25 mm	c/u	2	1,08	2,15
Punto de suelda exotérmica capsula 90	c/u	9	5,97	53,75
			<b>SUBTOTAL 1</b>	414,07
2. MANO DE OBRA		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Supervisor	1	40	2,07	82,81
Electricista	1	40	1,55	62,11
Ayudante	1	40	1,04	41,41
			<b>SUBTOTAL 2</b>	186,33
3. EQUIPO		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Herramienta menor	1	1	41,41	41,41
				0,00
				0,00
			<b>SUBTOTAL 3</b>	41,41
<b>4. COSTO UNITARIO DIRECTO (1+2+3)</b>				641,80
<b>5. COSTO UNITARIO INDIRECTO</b>			20%	128,36
<b>6. PRECIO UNITARIO CALCULADO (4+5)</b>				770,16
<b>7. PRECIO UNITARIO OFERTADO</b>				<b>770,16</b>



## APU DE REUBICACIÓN DEL PARARRAYOS "B"

1. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Cable de cobre desnudo semiduro #2 AWG 7 hilos	m	82,99	6,84	567,65
Barra equipotencial de cobre 1/8 X 3/4	m	0,5	17,21	8,61
Aislador de barra 25 mm	c/u	2	1,08	2,15
Conector a varilla 5/8 X 6	c/u	2	1,01	2,02
				0,00
			<b>SUBTOTAL 1</b>	580,43
2. MANO DE OBRA		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Supervisor	1	40	2,90	116,09
Electricista	1	40	2,18	87,07
Ayudante	1	40	1,45	58,04
			<b>SUBTOTAL 2</b>	261,20
3. EQUIPO		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Herramienta menor	1	1	58,04	58,04
				0,00
				0,00
			<b>SUBTOTAL 3</b>	58,04
<b>4. COSTO UNITARIO DIRECTO (1+2+3)</b>				899,67
<b>5. COSTO UNITARIO INDIRECTO</b>			<b>20%</b>	179,93
<b>6. PRECIO UNITARIO CALCULADO (4+5)</b>				1079,61
<b>7. PRECIO UNITARIO OFERTADO</b>				<b>1079,61</b>



## APU DEL PARARRAYO"E"

1. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Cable de cobre desnudo semiduro #2 AWG 7 hilos	m	62,31	6,84	426,20
Barra equipotencial de cobre 1/8 X 3/4	m	0,5	17,21	8,61
Aislador de barra 25 mm	c/u	2	1,08	2,15
Pararrayos punta centro 18 kV	c/u	1	63,84	63,84
Torre de viento de 9 m	c/u	1	60,00	60,00
Tensores con cable de acero	c/u	3	25,00	75,00
Mástil galvanizado de 3 m	c/u	1	50,00	50,00
Conector a varilla 5/8 X 6	c/u	2	1,01	2,02
			<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>687,82</b>
2. MANO DE OBRA		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Supervisor	1	40	3,44	137,56
Electricista	1	40	2,58	103,17
Ayudante	1	40	1,72	68,78
			<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>309,52</b>
3. EQUIPO		HORAS HOMBRE	COSTO HORARIO (DÓLARES)	COSTO TOTAL (DÓLARES)
Herramienta menor	1	1	68,78	68,78
				0,00
				0,00
			<b>SUBTOTAL 3</b>	<b>68,78</b>
<b>4. COSTO UNITARIO DIRECTO (1+2+3)</b>				<b>1066,13</b>
<b>5. COSTO UNITARIO INDIRECTO</b>			<b>20%</b>	<b>213,23</b>
<b>6. PRECIO UNITARIO CALCULADO (4+5)</b>				<b>1279,35</b>
<b>7. PRECIO UNITARIO OFERTADO</b>				<b>1279,35</b>



## CONCLUSIONES:

- Se desarrolló una base de datos de las condiciones actuales del Sistema de Puesta a Tierra y del Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas de la ESPE, tomando en cuenta el uso que se da a cada una de las dependencias y edificaciones, el calibre y longitud de conductores, la potencia total actualmente instalada en el campus.
- Se realizaron mediciones de resistividad del terreno alrededor de todo el campus politécnico, empleando el Medidor Digital de Resistencia de Puesta a Tierra modelo 4630 y se obtuvo una resistividad máxima de  $31,31 \Omega m$ , se trata de terreno homogéneo del tipo limus, que tiene una resistividad relativamente baja.



## CONCLUSIONES:

- En la ESPE Sangolquí se encuentran instaladas veintiún sistemas de puesta a tierra, de los cuales tres no cumplen con los valores de resistencia adecuados, también se encuentran instalados cuatro pararrayos en las principales dependencias del campus .
- En la zona donde se ubica la ESPE Sangolquí se determinó que existe una alta incidencia de tormentas eléctricas de acuerdo al mapa isoceráunico del Ecuador, por lo tanto, toda edificación en este lugar requiere de un sistema de protección contra descargas atmosféricas.



## RECOMENDACIONES:

- ✓ Mantener organizada y actualizada la información referente a planos y diagramas eléctricos, incluyendo las Puestas a Tierra y los Pararrayos instalados.
- ✓ En todas las edificaciones, pequeñas o grandes, donde exista la presencia de la energía eléctrica es necesario un sistema de puesta a tierra por razones de seguridad del personal y de los equipos.
- ✓ Para la implementación de un Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas en un edificio, es necesario desarrollar un plano de la ubicación, saber las propiedades geográficas de la región, la forma y tamaño del edificio.



## RECOMENDACIONES:

- ✓ Proceder a la implementación de las soluciones propuestas en este estudio para el mejoramiento del Sistema de Puesta a Tierra y del Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas.
- ✓ Crear un Área de Mantenimiento Eléctrico en la ESPE, la cual tenga toda la información detallada del sistema eléctrico, para que se pueda proyectar el crecimiento ordenado del sistema y así poder contar con un centro de apoyo eléctrico cuando sea necesario.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

**GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN!!**