



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

**Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas
y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG.**

AUTOR:

Chica Tambaco, Anibal Javier

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Juan Carlos López Cañarte

Guayaquil, Ecuador

17 de Septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Chica Tambaco, Anibal Javier** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL.**

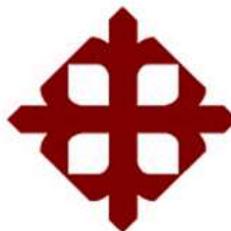
TUTOR

Ing. Juan Carlos López Cañarte

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 17 de septiembre del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Chica Tambaco, Anibal Javier**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico mecánica con mención en gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2018

EL AUTOR

CHICA TAMBACO, ANIBAL JAVIER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Chica Tambaco, Anibal Javier**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 17 del mes de septiembre del 2018

EL AUTOR

CHICA TAMBACO, ANIBAL JAVIER

REPORTE DE URKUND



Reporte Urkund del Trabajo de titulación denominado; Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG, a cargo del estudiante Chica Tambaco, Anibal Javier se encuentra al 3% de coincidencias.

Atentamente.

Ing. Armando Heras Sánchez MSc.

Revisor

DEDICATORIA

A Dios por darme salud fuerza, dedicación y perseverancia en el transcurso de mi vida universitaria. A mi familia por todos sus buenos consejos y por ser el apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y su experiencia durante todos los años de la carrera para así poder lograr la meta de graduarme.

EL AUTOR

CHICA TAMBACO, ANIBAL JAVIER

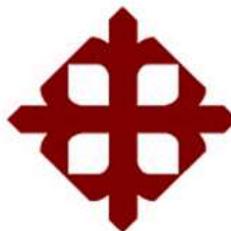
AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por llenarme de bendiciones durante esta etapa de mi vida y así poder cumplir este logro a base de esfuerzo y dedicación.

A mi padre, abuela y familia por ser el apoyo en todas las situaciones que se ha presentado en esta etapa universitaria, a mi madre que con su sabiduría y buenos consejos me ha enseñado durante toda mi vida, ser una persona responsable, ayudando así a culminar esta etapa universitaria con éxito, a todas las personas que me han brindado en todo momento su confianza.

EL AUTOR

CHICA TAMBACO, ANIBAL JAVIER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

M. Sc. DANIEL CAMPOVERDE CARDENAS
OPONENTE

Índice General

Resumen.....	XIII
Capítulo 1: Descripción General.....	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Definición del Problema.....	4
1.3. Justificación del Problema.	5
1.4. Objetivos del Problema de Investigación.	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.6. Metodología de Investigación.	6
1.7. Alcances.	7
Visualización técnica en la implementación de los nuevos pararrayos de las diversas áreas no protegidas de la UCSG.....	7
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	8
2.1. Las descargas atmosféricas.....	8
2.1.1. El Rayo.	11
2.1.2. Efecto de los Rayos en las personas y bienes materiales.....	14
2.2. La protección contra descargas atmosféricas.....	17
2.2.1. El pararrayo.....	20
2.2.1.1. Zona Protegida.....	23
2.2.1.2. Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico (PDC)..	27
2.2.1.3. Pararrayos con dispositivo de cebado electrónico (PDCE).....	28
2.2.1.4. Punta captadora o pararrayos Franklin.....	29
2.2.1.5. Pararrayos tipo Dipolo Corona.	31
2.3. Sistema puesta a tierra.....	37
2.3.1. Mantenimiento de los pararrayos.	39
2.4. Nivel Isoeráunico.....	39

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS Y ÁREAS DESPROTEGIDAS ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN CAMPUS USCG.	42
3.1. Entrevistas a expertos.	43
3.1.1. Datos de los expertos.....	43
3.2. Estructura de la entrevista.....	44
3.3. Estudio del tipo de pararrayo que se sugiere implementar en los sitios críticos identificados.....	48
3.3.1. La puesta de tierra y resistividad del suelo.....	49
3.4. Posicionamiento de los pararrayos ionizantes existentes y los sistemas de pararrayos por implementar.	50
Figura: 3.2 Levantamiento de pararrayo existentes.....	50
Fuente: <i>Departamento de Mantenimiento UCSG</i>	50
Figura 3.3: <i>Levantamiento de pararrayo por implementar</i>	51
3.5. Radio de protección pararrayos existentes.	52
Figura 3.4: <i>Radio protección pararrayos existentes</i>	52
Cálculo cono de protección:.....	52
3.6. Selección de áreas no protegidas.....	54
Edificio Principal.....	55
Ingeniería.....	55
Centro de Idiomas	55
Arquitectura	55
Filosofía.....	55
Medicina	55
Cancha Deportiva	55
3.6.1. Edificio Principal – 1 pararrayo tipo ionizante.	56
Figura 3.7: <i>Edificio Principal no se aprecia pararrayo</i>	57
3.6.2. Centro de Idiomas - 1 pararrayo tipo ionizante.	57
3.6.3. Ingeniería - 1 pararrayo tipo ionizante.	58
3.6.4. Arquitectura - 1 pararrayo tipo ionizante.....	59
3.6.5. Filosofía - 1 pararrayo tipo ionizante.	60
3.6.6. Medicina - 1 pararrayo tipo ionizante.....	61
3.6.7. Cancha Deportiva - 1 pararrayo tipo ionizante.....	62
3.7. Presupuesto de sistema de pararrayos y mallas de puesta a tierra.....	63

3.8.	Daños provocados por descargas atmosféricas.....	64
3.9.	Relación costo-beneficio de la propuesta realizada en la presente investigación.....	65
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		68
4.1.	Conclusiones.....	68
4.2.	Recomendaciones.....	69
Bibliografía		70

Índice de Figuras

Capítulo 1:

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

Capítulo 2

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.	
Figura 2. 12: Armado del pararrayo tipo dipolo.....	49
Figura 2. 13: Especificación de las partes principales que componen el pararrayos tipo dipolo.....	50
Figura 2. 14: Hemisferio de interface.....	52
Figura 2. 15: Mapa de la actividad de rayos en el planeta.....	54
Figura 2. 16: Mapa de la actividad de rayos en el planeta.....	55

Capítulo 3

Figura 3. 1: Campus universidad católica	56
Figura 3. 2: Levantamiento de pararrayo existentes	64
Figura 3. 3: Levantamiento de pararrayo por implementar	65
Figura 3. 4: Radio protección pararrayos existentes	66
Figura 3. 5: Radio de protección total perímetro USCG	68
Figura 3. 6: Perímetro de la UCSG	69
Figura 3. 7: Edificio principal no se aprecia pararrayo	71
Figura 3. 8: Centro de Idiomas no se aprecia pararrayo	72
Figura 3. 9: Facultad de Ingeniería no se aprecia pararrayo	73
Figura 3. 10: Facultad de Arquitectura no se aprecia pararrayo	74
Figura 3. 11: Facultad Filosofía no se aprecia pararrayo	75
Figura 3. 12: Facultad de Medicina no se aprecia pararrayo	76
Figura 3. 13: Cancha Deportiva no se aprecia pararrayo	77
Figura 3. 14: Proforma pararrayo sugerido	78

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Ángulo de protección deseado de acuerdo al nivel.....	41
Tabla 3. 2: Análisis de costo-beneficio	81

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis y estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

El tipo investigación que se aplica es cualitativo y de campo con métodos a nivel teórico como el análisis, síntesis e inducción y las técnicas que se utilizó fueron entrevistas a profundidad a expertos en el tema.

Los resultados obtenidos en el estudio indicaron que faltan por implementar pararrayos y estimar medidas de seguridad que deben tomar las personas durante descargas atmosféricas. En las entrevistas realizadas se detectó que es importante hacer un estudio global del sistema de pararrayos que se encuentren aislados y reemplazarlo por un sistema moderno de puesta a tierra con soldadura exotérmica.

Para alcanzar el objetivo de estudio se dividió la investigación en tres capítulos:

Primer capítulo se tratan los aspectos generales de la investigación.

Segundo capítulo se incluyeron las teorías que tienen vinculación al tema para formar el marco teórico para facilitar un mayor entendimiento del estudio.

Tercer capítulo se muestra detalladamente el resultado general de la investigación, tanto la entrevista a expertos, como de protección, áreas no protegidas, elección del modelo de pararrayo más óptimo para su implementación en el campus, así como el presupuesto requerido.

Al final se exponen las conclusiones y recomendaciones del tema.

Palabras claves: Descarga atmosférica, exotérmica, pararrayo, óptimo, puesta a tierra, cono de protección.

Abstract

The main objective of this research is to carry out an analysis and study to minimize the risk of atmospheric discharges and the determination of unprotected sites on the campus of the Santiago de Guayaquil Catholic University.

The type of research that is applied is qualitative and field with methods at a theoretical level such as analysis, synthesis and induction and the techniques used were in-depth interviews with experts in the field.

The results obtained in the study indicated that there is a need to implement lightning rods and estimate safety measures that people should take during atmospheric discharges. In the interviews conducted it was found that it is important to make a global study of the system of lightning rods that are isolated and replace it with a modern system of grounding with exothermic welding.

To reach the study objective, the research was divided into three chapters:

The first chapter covers the general aspects of the investigation.

Second chapter included the theories that are linked to the topic to form the theoretical framework to facilitate a greater understanding of the study.

Third chapter shows in detail the general result of the investigation, both the interview with experts, protection cone, unprotected areas, choice of the most optimal arrester model for its implementation on campus, as well as the required budget.

At the end the conclusions and recommendations of the subject are exposed.

Keywords: Atmospheric discharge, exothermic, arrester, optimal, grounding, protection cone.

Capítulo 1: Descripción General

1.1. Introducción.

La descarga atmosférica es uno de los primeros fenómenos eléctricos que El hombre pudo presenciar y que ha sido objeto de estudio hasta la actualidad. La zona de influencia cuando no hay protecciones eficaces los accidentes puede que cuesten miles de dólares. El grado de la energía radiada, los efectos electromagnéticos del rayo y su energía, pueden impactar eléctricamente una expansión superior a 1.000 metros, formado estos fenómenos atmosféricos del rayo produce un alto riesgo de electrocución, daños de estructuras, incendio o impacto a personas.

Se puede observar el peligro asociado frente a descargas atmosféricas, provocado por fenómenos cáustico de impacto sea este directo o indirecto, por lo tanto, se justifica la importancia de un estudio explícito de las necesidades de protección frente un impacto directo de descarga atmosférica. Una encuesta ejecutada en el 2014 por el Grupo de Electricidad Atmosférica, del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, determinó que la caída de rayos provocó la muerte a 1,7 personas por cada millón de habitantes en América Latina. Ese informe ubica a Ecuador en el décimo puesto entre los de mayor incidencia de decesos, con 0,3 muertes por cada millón de personas. (Ronald Soria, 2017)

Para proteger los edificios de los rayos, se instalan barras metálicas (llamadas pararrayos) con una longitud promedio de 6 metros en la parte

superior de la edificación. Estos elementos proporcionan una ruta de resistencia mínima a los estímulos eléctricos que afectarían a la edificación y más propiamente su estructura. Las líneas de electricidad y las antenas de radio se protegen con dispositivos o captadores de rayos que consisten en una pequeña separación llena de aire entre la línea y un cable unido al suelo. Esta separación ofrece una gran resistencia a tensiones ordinarias, pero un rayo con un potencial que puede llegar a un Gigavatio (mil millones de vatios), que provoca la ionización del gas, donde se crea una vía de baja resistencia hacia la tierra para la descarga. Es trascendente manifestar que un sistema para proteger estos elementos de descargas atmosférica no están diseñados para suprimir la formación de estos, debemos de establecer que aun en presencia de estos mecanismos no se puede dar una garantía total, tanto en bienes materiales como en vidas humanas, pero si brinda una enorme probabilidad de protección y seguridad.

En el siguiente análisis del sistema contra descargas atmosféricas se procede a determinar el riesgo según la ubicación, el nivel Isocerámico, el radio de protección que brinde el pararrayo que se piensa elegir, lo cual la opción de si es favorable o no la instalación ya que también cabe recalcar el costo beneficio que genere la medida de prevención adoptada o si se podría prescindir de ella.

En la ciudad de Guayaquil el nivel Isocerámico es evidente considerando los cambios climáticos propagándose cada vez más con el pasar de los años siendo así impredecibles sea esta por causas de

contaminación y demás factores, a la vez rigiéndose a las normativas de protección para descargas estáticas (pararrayo), donde podemos concluir que el sistema contra descargas atmosféricas en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil es necesario, motivo por la cual se realizara el siguiente análisis.

En Marzo del año pasado, una descarga atmosférica impacto sobre el aula magna constato el área de mantenimiento, estos fenómeno son impredecibles ya que nunca sucedía en la zona y no se descarta un próximo evento de este tipo. El daño y la variación del clima son a nivel mundial, hoy en día se debe tomar prevenciones indicadas para evitar fenómenos de todo tipo. El presente proyecto propone un estudio profesional y responsable contra descargas atmosféricas.

1.2. Definición del Problema.

Dentro del perímetro de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se evidencia los riesgos latentes en relación con las descargas atmosféricas, debido a que no se cuenta con un sistema de protección, que cubra en su totalidad el área del campus universitario, y esto a su vez procure mejorar la protección y seguridad de las personas, edificaciones y bienes.

Por lo tanto el planteamiento del problema consiste en determinar cuál es la relación existente entre el estudio y análisis de las áreas desprotegidas y la minimización de los riesgos por descargas atmosféricas en el campus de la UCSG.

1.3. Justificación del Problema.

El presente trabajo de investigación se justifica ya que no existe un estudio actualizado sobre la incidencia de descargas atmosféricas en el campus estudiantil, por lo que se hace necesario el estudio y diseño de un sistema de protección para este potencial riesgo que puede ir desde las pérdidas materiales, hasta humanas, ya que la universidad se encuentra en constante crecimiento, el cual tiene como resultado la obsolescencia del sistema de protección para descargas atmosféricas instalado originalmente en el lugar.

Agregando un sistema de pararrayos óptimo que cubra en su totalidad el campus universitario, tales así dar mayor seguridad y como también prevenir gastos económicos al presenciar una eventual caída de un rayo en sitios no protegidos.

1.4. Objetivos del Problema de Investigación.

1.4.1. Objetivo General.

Identificar y analizar los sitios críticos comprendidos en áreas no protegidas, con la finalidad de proponer un sistema de protección óptimo que cubra en su totalidad el área del campus universitario.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Delimitar las áreas protegidas determinando el cono de protección de los pararrayos instalados en el campus.

- Ubicación de áreas desprotegidas dentro del campus de la UCSG para proponer la instalación de los nuevos pararrayos.
- Realizar un análisis costo beneficio en la instalación del sistema que proteja de las descargas atmosféricas.
- Realizar un análisis cualitativo del problema aplicando entrevista a expertos en el tema.

1.5. Hipótesis.

El actual sistema de protección contra descargas atmosféricas instalado en el campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, no cubre la totalidad de los sitios críticos del mismo, incrementando la probabilidad de riesgo de pérdidas humanas y materiales dentro de la institución en temporadas de tormentas eléctricas. Se considera necesario el análisis de los sitios críticos, del sistema de protección de descargas atmosféricas presente con el fin de presentar un sistema más eficiente que abastezca sus necesidades.

1.6. Metodología de Investigación.

El tipo de estudio que se aplica en la investigación es de corte descriptivo con métodos a nivel teórico como el análisis, síntesis e inducción. La técnica que se utilizó fue en base a entrevistas realizadas a expertos en el tema mediante un proceso interactivo basado en el sistema de protección contra descargas atmosféricas actual instalado en las estructuras de la Universidad, elaborando un cuestionario de preguntas que deben contestar, una vez

analizado el resumen de los juicios de los expertos en las formas de evaluación cuantitativas.

Además se utiliza la investigación de campo ya se relaciona directamente con el objeto de estudio, en este caso los pararrayos que ya han sido instalados, se recopila información al departamento de mantenimiento, con estas técnicas el investigación se acerca a la información que no ha sido documentada aun.

Se utilizara la encuesta estructurada ya que se tomaran en cuenta aspectos cualitativos y cuantitativos tanto a expertos del tema con los que poseen la información clasificada esto es el departamento de mantenimiento de la UCSG, así como los proveedores de equipos.

1.7. Alcances.

Visualización técnica en la implementación de los nuevos pararrayos de las diversas áreas no protegidas de la UCSG.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1. Las descargas atmosféricas.

La electricidad estática es un fenómeno natural con múltiples aplicaciones en la vida moderna. La posibilidad de producirla y almacenarla intencionalmente hace de la electricidad una fuente de energía útil y poderosa. Sin embargo, su producción en la naturaleza de forma espontánea puede representar una amenaza en diferentes ámbitos de la sociedad, es por ello que surge la necesidad de entenderla para así desarrollar mecanismos de protección contra sus posibles efectos adversos.

Son las descargas atmosféricas, específicamente, los fenómenos eléctricos naturales con mayor potencial para producir daños, pues representan un peligro latente, tanto para las personas como para instituciones y recursos económicos. A esta afirmación le sumamos que “existe un aproximado a 1900 tormentas eléctricas en desarrollo sobre la superficie del planeta” (Crespín M., 2016, pág. 11). Por otra parte, la aleatoriedad en relación al lugar objeto del impacto de dicha descarga energética, en lugares donde no existen los medios de protección adecuados, maximiza su potencial dañino.

Fue Benjamín Franklin, político, editor y científico estadounidense, quien a mediados del siglo XVIII asoció las descargas atmosféricas con el fenómeno de la electricidad estática. Realizando grandes aportes para la comprensión de dicho fenómeno a través de experimentos que arrojaron luz en un tema que, por esa fecha, estaba cubierto de prejuicios, supersticiones

y especulaciones. “Elevando una cometa en medio de una tormenta eléctrica y conduciendo una descarga hasta un condensador (botella de Leyden), demostró que había almacenado algo que tenía el mismo comportamiento que las descargas eléctricas” (Soto & Trelles, 2006, pág. 9). Un tiempo después fue el mismo Franklin quien inventara el pararrayos, dispositivo idóneo para proteger a las personas y edificaciones de las descargas atmosféricas.

Figura 2.1: *Ejemplo de las Descargas Atmosféricas*



Fuente: (Herrera, Holguín, Jordán, Saltos, & Torres, 2010)

A partir de los experimentos y aportes de este autor, se pudo conocer y generalizar, que las leyes y principios de la electricidad en general son los que operan en la dinámica interna de las descargas atmosférica. Es, por tanto, fácil deducir, que una descarga atmosférica tiene lugar luego de una gran

acumulación de carga eléctrica en las nubes producto de la interacción de los diferentes componentes de la nube de tormenta. Según afirma Huatuco (2010) “La descarga se forma en nubes de tormenta tipo cúmulo-nimbus. Estas se caracterizan por estar formadas por columnas de aire que ascienden por convección, cuando la atmósfera se hace inestable, debido a grandes gradientes de temperatura” (pág. 9).

La inestabilidad atmosférica siempre va a ser el factor desencadenante de dichas descargas eléctricas, ya que es la causa fundamental del surgimiento de las nubes de tormenta. Ruiz (2015) expresa, apoyando la anterior afirmación, que “es necesario que exista una inestabilidad atmosférica que genere un gradiente de temperatura, que permita que una masa de aire húmedo se eleve” (p.25). La carga eléctrica de la nube, por tanto, tiene lugar en el mismo proceso intrínseco de formación de la misma, por lo que se deduce que siempre que existan nubes de tormentas va a existir un alto riesgo de descarga atmosférica.

En las regiones ecuatoriales y tropicales, principalmente, son frecuentes las lluvias de convección como resultado de los movimientos verticales ascendentes del aire, ocasionados por el cambio de temperatura local. En este proceso de circulación del aire y la humedad del ambiente, propio en la formación de las nubes tipo cúmulo-nimbus, se crea una diferencia de potencial entre la parte superior e inferior de la misma. “La carga de intercambio asociada a nubes de tormenta lleva a positivo en las regiones

conductoras superiores de la atmósfera y una red de carga negativa en la superficie planetaria”. (Alava Á., 2014, pág. 8)

En este sentido las diferencias de potencial están distribuidas uniformemente en la estructura de la nube dotando a la tierra, también, de polaridad eléctrica

En la mayoría de los casos, la parte baja de las nubes queda cargada negativamente induciendo una carga positiva en la tierra y los elementos situados sobre ella, alcanzándose niveles de campo eléctrico a nivel de suelo de decenas de kilovoltios”. (Ruiz, 2015, pág. 27).

A partir de lo antes expuesto se puede afirmar que las descargas van a tener lugar de nube a nubes y de nube a tierra, no descartando otras posibilidades. Por interés del presente trabajo se hace énfasis en las descargas nube-tierra. Al respecto se puede decir que cuando la carga que posee la nube supera determinados límites se produce la descarga en forma de chispa, ya sea con otra nube de carga contraria o con la tierra. Es decir, “cuando una compilación local de carga por encima de la tierra supera el potencial de ruptura local de la atmósfera se produce una descarga de rayo”. (Alava Á., 2014, pág. 9).

2.1.1. El Rayo.

La vivencia de cualquier persona como mero observador de una descarga atmosférica, está relacionada con los siguientes factores: un

panorama de nubes densas y grises, acompañadas o no de lluvia y fuertes destellos de luz que van acompañados de un estruendo ensordecedor al instante o un tiempo después de observada la luz. En dependencia de la distancia entre el observador y la tormenta va a variar la intensidad del sonido y su relación temporal con el destello inicial. Lo antes descrito resume un conjunto de condiciones e interacciones que producen la descarga, la cual se sintetiza en la chispa o rayo.

Se asume entonces que “el rayo es una gran descarga eléctrica que golpea la tierra, cuya velocidad durante este proceso dentro del canal ionizado es de 105 [m/s], siempre acompañado por una manifestación luminosa que es el relámpago” (Bravo, Cano, & Durán, 2014, pág. 46). Éste proceso pasa por diferentes etapas que en ocasiones cierran un círculo casuístico donde una descarga inicial desencadenas otras posteriores de similar intensidad.

En la medida en que la diferencia de potencial de las nubes aumenta en relación a la tierra y el voltaje rebasa un punto crítico. “Se empieza a presentar ionización del (Bravo, Cano, & Durán, 2014) aire y por lo tanto, se van formando caminos para la conducción de la carga hacia el punto de potencial cero que es la tierra” (Huatuco, 2010, pág. 8). De esta forma se inicia un flujo de carga hacia las estructuras de mayores altitud ubicadas en la superficie terrestre, las cuales comienzan a desprender chispas que van al alcance del flujo de carga ascendente cerrando eléctricamente el camino a tierra. La carga que se desplaza a gran velocidad produce gran luminosidad

en el momento de la descarga de retorno, etapa de mayor desprendimiento de energía.

La ruta de ionización que se forma al interior de la nube conduce un primer flujo de carga hacia las zonas más bajas de ésta, llamado líder. Este flujo va a iniciar un camino que condicionara la sucesión de posteriores descargas, por lo que el líder desciende unos 50 a 100 m en un microsegundo, detiene su marcha unos 50 microsegundos mientras se acumula la carga transferida desde la nube y se forma un nuevo camino ionizado que va a crear un nuevo avance del líder. (Huatuco, 2010, pág. 8)

Una primera descarga, por tanto, puede generar nuevos procesos de ionización y nuevas cargas y descargas al interior de una tormenta, en una ubicación similar a la primera ocurrida que utilice la ruta ionizada de la anterior. El proceso que ioniza el aire que circula a los objetos que sobresalen en una superficie se le conoce como “efecto punta”.

Es importante resaltar que los puntos más vulnerables para recibir el impacto de la descarga son aquellos de mayor altitud sobre el suelo, como lo son antenas, edificaciones, tendidos eléctricos entre otros. Por otra parte, en aquellos lugares con una superficie regular donde no destaquen objetos de gran o mediana altura, como lo son llanuras, áreas deportivas, sembrados, campus y demás, el riesgo es mayor sobre personas u objetos de menor magnitud.

Pueden existir también diferencias entre los rayos que se forman en una tormenta, de ahí que se clasifiquen de la siguiente manera:

- Rayos negativos; estos son los que su nacimiento está en la estratosfera en las nubes hacia la tierra tienen sus ramificaciones al mirar hacia abajo es decir están fuertemente ramificados, y nacen en la parte negativa de la nube.

-Rayos positivos; tienen las ramificaciones al mirar hacia abajo también, están menos ramificados, y nacen en la región positiva de la nube que se encuentra en la zona del yunque (las cargas positivas se asocian a los cristales de hielo), como se muestra en la figura 2.2 (Crespín M., 2016).

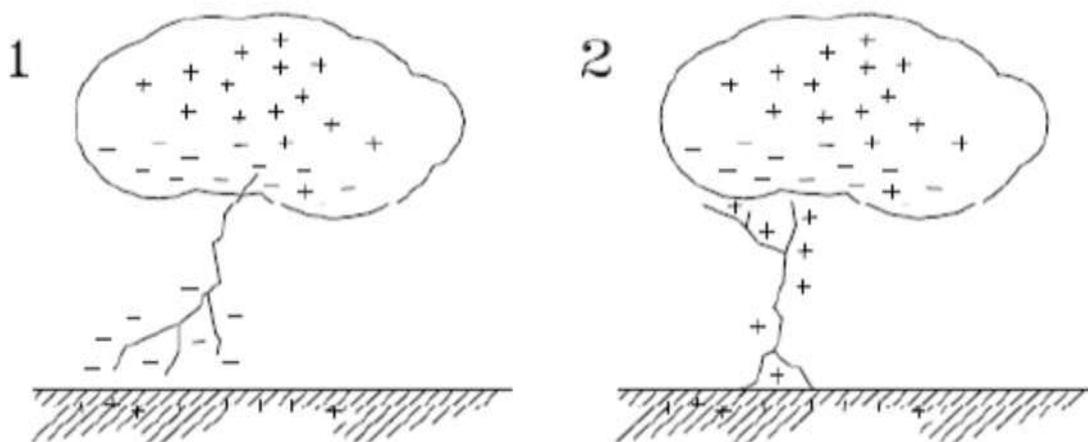


Figura 2.2: Polaridad de los rayos
Fuente: (Crespín M., 2016)

2.1.2. Efecto de los Rayos en las personas y bienes materiales.

La altitud de los objetos, así como baja resistencia a la corriente eléctrica, son aspectos directamente proporcionales a la probabilidad de ser impactados por los rayos. Las personas y los bienes materiales, en muchas ocasiones, son blanco de dichas descargas de energía, produciendo efectos desbastadores de diferentes magnitudes.

En el caso de los seres humanos existen diferentes manera en que un rayo puede dañar a un ser humano, según (Kisielewsky, 2000), puede ser de forma directa, por contacto, impacto lateral o tensión de paso. En el primer caso la persona es impactada directamente por el rayo, conduciendo la energía por todo su cuerpo hasta sus pies. A través del contacto con un objeto impactado por el rayo, el cual se expone a la diferencia de potencial desde el lugar del contacto hasta el suelo. En el caso del impacto lateral el individuo se encuentra próximo al objeto del impacto por lo que una parte de la alta tensión puede crear ionizaciones en el espacio de aire entre el sujeto y el objeto impactado, permitiendo realizar una descarga a tierra a través de la persona. Finalmente la atención de paso está relacionada con el hecho de que, como consecuencia del rayo, puedan persistir diferencias de potencial en los pies mientras la persona realiza su marcha.

En la mayoría de los casos de impactos de los rayos en las personas las posibilidades de muerte son muy altas. Las razones por las que dichos impactos pueden causar la muerte están relacionado con la afectación total o parcial de órganos y funciones vitales para el organismo. Un ejemplo de ello lo es el músculo cardiaco que puede sufrir “Fibrilación Ventricular” ya que al someter a altas tensiones a las fibras musculares del corazón, éstas pierden la coordinación, anulando la función cardiaca y comprometiendo la vida del individuo.

La respiración es otra de las funciones vitales del organismo que se ven fuertemente afectadas con el paso de grandes cantidades de corriente por el

cuerpo. La sucesión del paro respiratorio puede estar dado por el paso de la corriente por los centros de cerebro encargados del control de la respiración, así también por la contracción de los músculos del tórax producto del paso de la corriente; este efecto puede cesar una vez detenido el paso de la corriente (Kisielewsky, 2000). No de menor importancia también se encuentran las quemaduras como resultado del contacto directo con el rayo.

Los bienes materiales reciben también graves afectaciones debido al impacto de los rayos, sobre todo las antenas, edificaciones y líneas de transmisión de energía y datos. Las líneas de transmisión de datos y energía eléctrica así como las antenas están conectadas a terminales y dispositivos eléctricos que no soportan un aumento de tensión por encima de los límites admisibles por el dispositivo. Esto ocasiona daños totales o parciales en dichas estructuras lo que se traduce en grandes pérdidas económicas si se tiene en cuenta la frecuencia con que tienen lugar las descargas atmosféricas en los climas ecuatoriales.

“En Austria, país donde se descargan en promedio 165.000 rayos/año, los daños causados directamente por los rayos llegan a algunas centenas de millones de dólares” (Kisielewsky, 2000, pág. 9). Los daños ocasionados por los rayos sobre bienes materiales pueden ir desde los resultantes por impactos directos sobre los objetos, como lo son derrumbes en edificaciones e incendios, así como impactos sobre líneas de acometidas, las que transmiten las altas tensiones de las descargas por enormes distancias.

Resumiendo los principales daños ocasionados por el impacto de los rayos de forma directa o indirecta, se pueden ver los siguientes:

- Fisiológicos: Afectación de órganos, tejidos y funciones vitales y en ocasiones la muerte.
- Mecánicos: Derrumbe de estructuras.
- Térmicos: incendios y desintegración de elementos por fusión a altas temperaturas.
- Eléctricos: Generación de sobrecargas en circuitos, líneas eléctricas e inducción de tensión en objetos metálicos. (Herrera, et. al. 2010)

Otro efecto negativo se puede apreciar en zonas boscosas donde pueden dar lugar a grandes incendios forestales que agudizan la deforestación al aumentando las emisiones de gases relacionados con el efecto invernadero afectado al clima y la fauna de las zonas circundantes.

2.2. La protección contra descargas atmosféricas.

Para proseguir con la exposición de cómo protegerse contra las descargas atmosféricas y los daños ocasionados por los rayos se asume la idea de “área protegida” de Herrera, et. al., (2010):

Las descargas atmosféricas “no pueden evitarse”. Ningún sistema de protección puede garantizar en forma absoluta vidas, bienes ni estructuras. Todos los sistemas de protección tratan de controlar la descarga buscando que se produzca sobre puntos definidos y garantizar su rápida disipación a tierra.

Área protegida es el volumen que encierra a todos los elementos que gracias a la instalación de un “captor” tienen una baja posibilidad de recibir una descarga (pág. 8).

El surgimiento del primer método de protección ante descargas atmosféricas es precisamente el pararrayos, que surge a partir de los experimentos de B. Franklin sobre la electricidad. En dichos experimentos este autor se percató del hecho de que a un objeto cargado eléctricamente, al aproximársele una punta metálica conectada a tierra podía perder su carga. Esto es debido a que se suceden pequeñas descargas que progresivamente disipaban la carga inicial. Franklin utilizó los resultados de sus experimentos para proteger estructuras contra las descargas atmosféricas a través de pararrayos.

Aceptada la idea de que no se puede ni prevenir ni inhibir el rayo, más bien Franklin ideó un medio con el cual se logra atraer las descargas atmosféricas hacia la punta del pararrayos en el cual un cable conectado a tierra dispersa la carga, protegiendo las estructuras de daños consecuentes. El pararrayos a alrededor de 200 años de su invención se sigue utilizando como un eficaz medio de protección contra las descargas atmosféricas.

Debido a la imprevisibilidad en la formación de las tormentas eléctricas, en un día normal de labores una persona en cualquier ámbito de actuación, en cuestiones de minutos puede verse en peligro de someterse a una

descarga atmosférica. Es por ello que se recomienda tener en cuenta, en dependencia del lugar donde se encuentre, los siguientes aspectos:

Dentro de una edificación se deben tomarse las siguientes precauciones:

- Cerrar y alejarse de las puertas y las ventanas.
- Alejarse conectivos y dispositivos eléctricos.
- Desconectar los equipos electrodomésticos.
- No usar teléfonos fijos, sólo inalámbricos o móviles.
- No dejar puertas abiertas al salir.

Dentro de un vehículo deben tomarse las siguientes precauciones:

- Cerrar todas las puertas y ventanas.
- No tocar partes metálicas del vehículo.
- No abandonar el vehículo hasta cesada la tormenta.

En caso de que la persona se encuentre al aire libre al inicio de la tormenta, se recomienda lo siguiente:

- Tratar de llegar a vehículos o edificios si hay cerca.
- Alejarse de objetos altos (árboles, postes o cualquier objeto que sobresalga).
- No acostarse, ya que la tierra húmeda conduce muy bien la electricidad.
- Intentar agacharse lo más posible, pero tocando el suelo sólo con las plantas de los pies.

- No resguardarse en cuevas o accidentes geográficos similares, ya que se acumula el aire ionizado que aumenta la probabilidad de descarga. (Herrera, et. al. 2010)

Por otra parte se puede decir también “que para estar en el interior de una zona de seguridad realmente a salvo debemos estar separados con respecto al punto de impacto al menos 3 mil metros de su origen (Crespín M., 2016, pág. 24). Existen además, según Herrera, et. al., (2010), sistemas de protección internos y externos; diferenciándose éstos en que los primeros son un grupo de dispositivos dispuestos al interior de las instalaciones que tienen como objetivo minimizar los aspectos electromagnéticos de las áreas a proteger. Un ejemplo podría ser la sobrecarga inducida a través de líneas de transmisión eléctricas que son alcanzadas por los rayos. Mientras que los segundos son aquellos dispositivos convencionales que se encargan de captar, atraer y conducir a tierra la descarga del rayo.

2.2.1. El pararrayo.

Independientemente de la variedad de modelos de pararrayos con sus diferentes funciones que puedan existir en la actualidad, los une la función específica, la cual es proteger las estructuras, personas e instalaciones de las descargas atmosféricas en los espacios comprendidos a su instalación, “los pararrayos solo tienen su única función, la que es transmitir la descarga de este elemento de manera directa hacia la tierra sin importar el conjunto de tecnologías usadas para ello”. (Crespín M. , 2016, pág. 26)

Como se puede apreciar en la figura 2.3 Los pararrayos están conformados por una serie de partes que constituyen un todo funcional dispuesto con algunas disposiciones técnica que se describen a continuación. Los cabezales son los elementos colocados a mayor altitud y son los que reciben precisamente el impacto de los rayos. Un mismo dispositivo puede constar con uno o varios cabezales los que a su vez pueden tener una o varias puntas como se observa en la figura 2.7.

El cabezal va acoplado a un mástil y al conductor bajante a través de un acople. Según la norma (UNE21.186, 1996) los pararrayos pueden tener uno o dos bajantes encargados de disipar la descarga a tierra. Según la norma referida el criterio de selección entre uno o dos bajantes responde a la altura que pretende proteger, así como al hecho de que en su instalación la disposición horizontal supere o no la vertical, (ver figura 2.6). En caso de que la disposición horizontal supere la vertical se instalarían en estos casos dos bajantes. Es importante resaltar que siempre que se instalen dos bajantes en un mismo pararrayos éstos deben ir ubicados en fachadas diferentes de la estructura protegida en la medida de las posibilidades.

El conductor de bajada también se instalará teniendo en cuenta que el recorrido del mismo sea lo más recto posible, evitando cualquier anudado o acodamiento brusco. Los materiales adecuados pueden ir desde el cobre electrolítico desnudo o estañado, aluminio o acero inoxidable, ya que dichos materiales poseen buena conductibilidad eléctrica y resistencia a la corrosión. No se permite además el empleo de revestimientos ni aislantes en dichos conductores. (UNE21.186, 1996)

Desde la toma a tierra y hasta una altura superior a los dos metros debe estar dotado el cable bajante por un tubo de protección. (Herrera, et. al. 2010). Cada toma a tierra debe poseer un puente de comprobación que permita desconectar para realizar las mediciones pertinentes, además de un contador de impactos de rayo que permita determinar el número de impactos que tienen lugar en el dispositivo. Por otro lado “la resistencia de la toma de tierra medida por medios convencionales debe ser inferior a 10”. (Herrera, et. al. 2010)



Figura2.3: Partes Principales de la instalación del Pararrayos implementado en la Facultad Técnica para el Desarrollo
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)

En este sentido se asume la idea de “que ningún sistema o dispositivo puede evitar la formación de rayos” (UNE21.186, 1996, pág. 5). A pesar de ello si pueden modificar la aleatoriedad del fenómeno con respecto al punto de contacto, así como cambiar la temporalidad entre descargas.

2.2.1.1. Zona Protegida.

La instalación de uno o varios pararrayos dan como resultado una zona protegida donde la probabilidad de impacto de un rayo está orientada hacia la posición de la punta del dispositivo. “Un pararrayos con dispositivos de cebado (PDC) está compuesto por una o más puntas captadoras, dispositivos de cebado y un eje sobre el que se soporta el sistema de conexión del conductor de bajada”. (UNE21.186, 1996, pág. 12)

Existen diversos espacios en los cuales, sin duda alguna, la instalación obligatoria de algún tipo de protección contra rayos es una cuestión de sentido común. En el caso de los seres humanos, hay situaciones o actividades, en las que ante una tormenta eléctrica no es posible suspender el tránsito humano por razones intrínsecas a la actividad o características de estos espacios, por lo que se ven expuestas las personas al impacto de una descarga atmosférica, lugares donde se encuentren grandes llanuras al descubierto, estructuras de gran altura y lugares registrados con altos niveles isoceráunico, entre otros.

Para obtener un resultado óptimo en cuanto a la funcionalidad del dispositivo la punta del PDC debe superar en altitud a los objetivos que en una distancia de 2 metros, lo que incluye edificaciones, antenas, entre otros, debe ser siempre el punto más alto del área que protege. Por otra parte aquellos dispositivos PDC que le den protección a áreas abiertas como lo son las áreas deportivas, piscinas, camping, entre otros, serán instalados sobre soportes específicos que le den altitud para garantizar la protección al área en cuestión. Estos pueden ser postes de iluminación o estructuras afines. (UNE21.186, 1996)

La determinación de la zona protegida, de acuerdo a la norma (UNE21.186, 1996), tiene una relación directa con la altitud y disposición en la instalación del PDC.

La zona protegida está delimitada por una superficie de revolución que está definida por los radios de protección correspondientes a las diferentes alturas h consideradas y cuyo eje es el mismo que el del PDC, (ver figura 2.4). Dónde: h_n es la altura de la punta del PDC, con relación al plano horizontal que pasa por el punto más alejado perteneciente al elemento a proteger; R_p es el radio de protección del PDC, para la altura considerada. (UNE21.186, 1996, pág. 13)

En este sentido según la norma UNE21.186 (1996) “El radio de protección de un PDC depende de su altura (h) en relación con la superficie a proteger, de su avance en el cebado y del nivel de protección elegido”. Por lo que:

(Fórmula 1)

$$R_p = \sqrt{2Dh - h^2 + \Delta L(2D + \Delta L)}, \text{ para } h \geq 5\text{m}$$

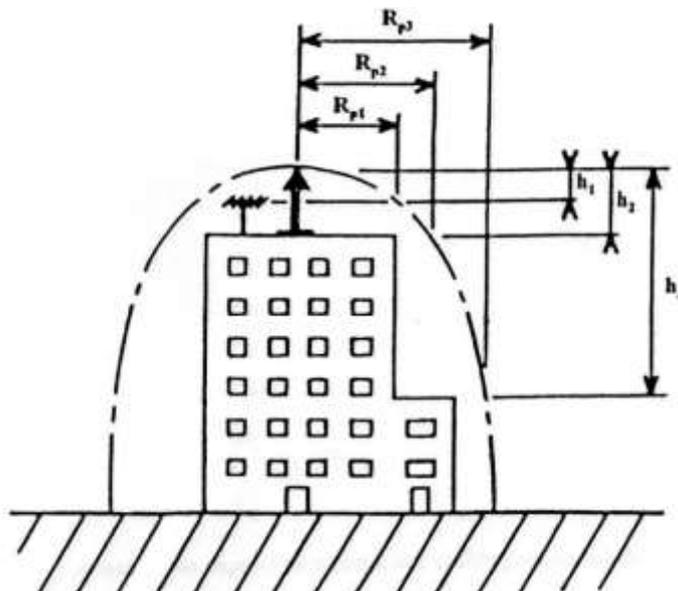


Figura 2.4: *Radios de Protección.*
Fuente: (UNE21.186, 1996)

Donde:

R_p es el radio de protección;

h es la altura de la punta del PDC en relación al plano horizontal que pasa por el vértice del elemento a proteger;

D 20 m para el nivel de protección I;
45 m para el nivel de protección II;
60 m para el nivel de protección III;

$$\Delta L \quad \Delta L_{(m)} = V_{(m/\mu s)} \cdot \Delta t_{(\mu s)} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Δt es el avance en el cebado obtenido en los ensayos de evaluación de los PDCs.

Por otra parte, un pararrayo instalado sobre una superficie plana en una barra metálica, a una altura prudente con respecto a objetos o personas que esté destinado a proteger, proyecta determinado cono de protección marcando una circunferencia alrededor de su centro. La amplitud que puede llegar a alcanzar puede ir desde los 30° a los 60°. En las figura: 2.5 y tabla: 1, se observa como calcular la zona protegida a través del método de “ángulo de protección”, donde A= cabeza del captor, B= plano de referencia, OC= radio del área protegida, ht= altura del captor sobre el área de referencia y finalmente alfa= el ángulo de referencia. (Herrera, et. al. 2010)

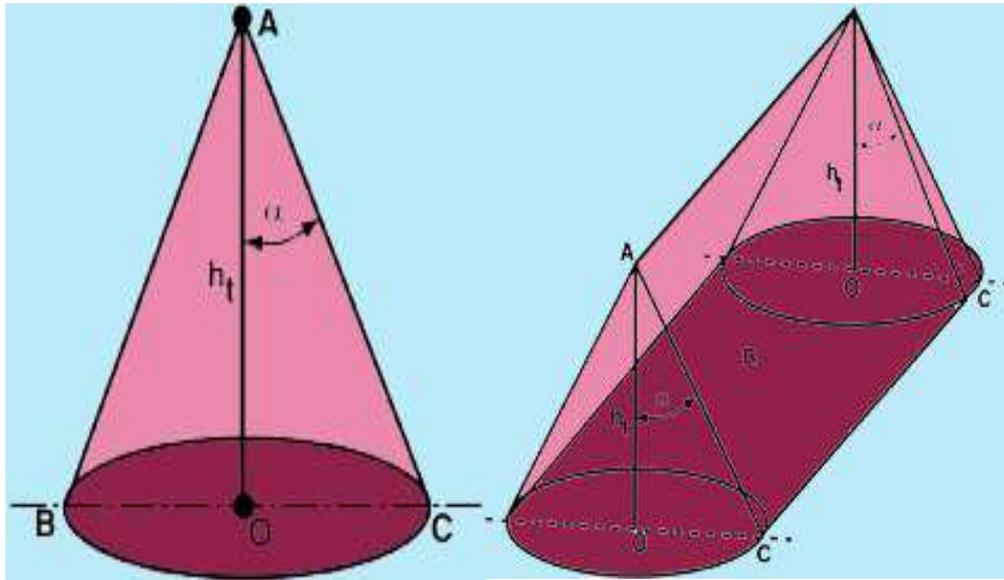


Figura 2.5: Cono de Protección, método para calcular la zona protegida.
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)

Tabla: 1 Ángulo de Protección deseado de acuerdo al nivel requerido y la altura de la estructura en m.

Nivel de Protección	h = 20 mt	h = 30 mt	h = 45 mt	h = 60 mt
I	25 grados			
II	35 grados	25 grados		
III	45 grados	35 grados	25 grados	
IV	55 grados	45 grados	35 grados	25 grados

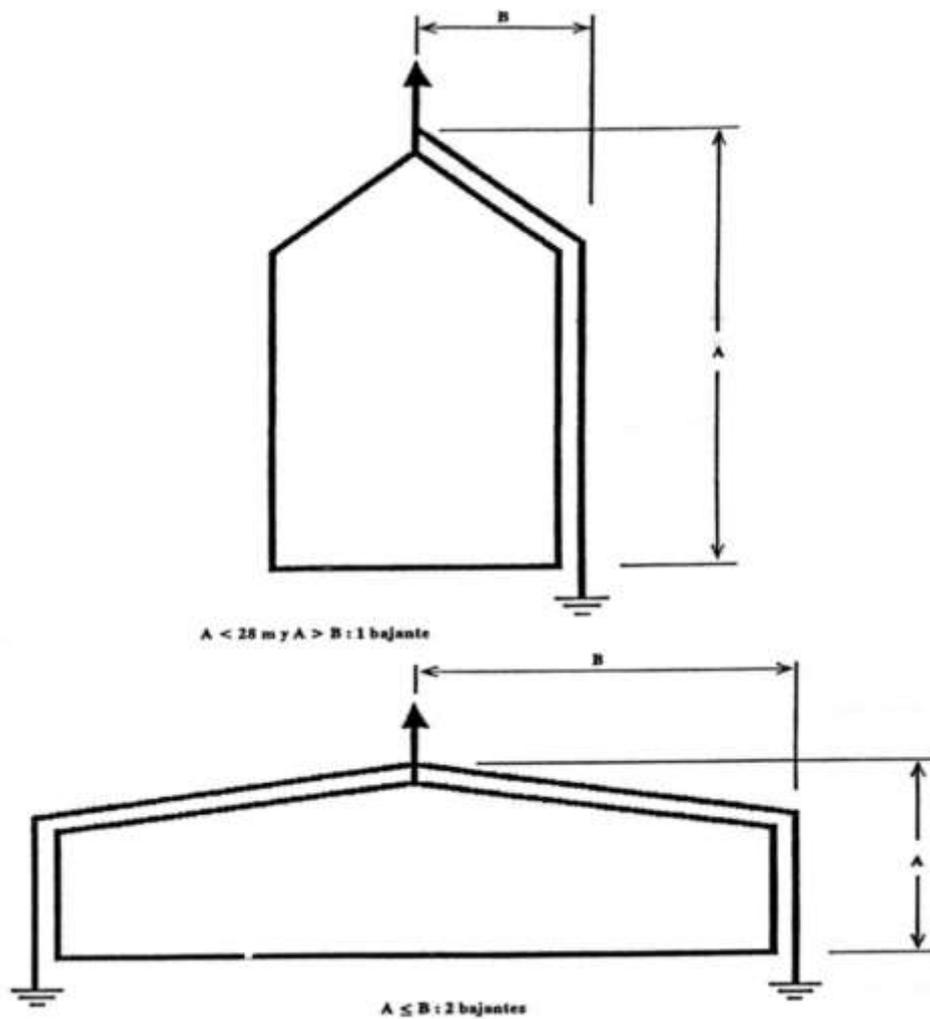


Figura 2.6: Número de bajantes
Fuente: (UNE21.186, 1996)

2.2.1.2. Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico (PDC).

Su principio de funcionamiento radica en producir una ionización en las partículas de aire de alrededor del captador que genera un flujo ascendente dirigido hacia la nube. Este flujo de iones va al encuentro del rayo, canalizando desde su origen la diferencia de potencial con respecto a la tierra.

“Entre el conjunto excitador (que se encuentra al mismo potencial que el aire circundante) y la punta y el conjunto deflector (que se hallan a igual potencial que la tierra) se establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto más alto es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más inminente es la formación del rayo” (INGESCO, 2016, pág. 1).



Figura: 2.7 Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico (PDC).
Fuente: (INGESCO, 2016)

2.2.1.3. Pararrayos con dispositivo de cebado electrónico (PDCE).

Según INGESCO (2016) “Los pararrayos PDCE con dispositivo de cebado electrónico son los más efectivos y seguros para realizar una satisfactoria protección contra el rayo” (pág. 2). Estos tienen como función reducir el tiempo de duración de la descarga atmosférica, logrando de esta forma una mayor eficacia en la captura del rayo. El aumento del campo eléctrico generado por la aproximación de una descarga descendente con

origen en la nube, es acumulado por el dispositivo. A su vez, mediante pulsos de alta tensión, se produce una descarga de la energía acumulada en forma de flujo ascendente. (INGESCO, 2016).



Figura 2.8: *Pararrayos con dispositivo de cebado electrónico (PDCE)*
Fuente: (INGESCO, 2016)

2.2.1.4. Punta captadora o pararrayos Franklin.

Las puntas captadoras o puntas franklin, son indicadas para la protección externa contra el rayo. Pueden utilizarse como único elemento captador, o bien formar parte de sistemas de protección pasivos, complementando la protección en mallas conductoras (jaulas de Faraday). Fabricadas en acero inoxidable AISI 316L o cobre. Disponible en otras dimensiones y materiales (INGESCO, 2016).

Estos pueden utilizar una o varias puntas como se muestra en la figura 2.9. Es el más antiguo de todos ya que fue el ideado por Franklin por el año 1749. Su construcción y funcionamiento es sencillo y se aplica en la actualidad e con total vigencia.

Autores como Herrera, et. al., (2010), por su parte, proponen la siguiente clasificación de pararrayos:

- Pararrayo Ionizantes.
- Pararrayos Franklin.



Figura 2.9: *Puntas captadoras o puntas de Franklin*
Fuente: (INGESCO, 2016)

- Pararrayos Multipuntas
- Pararrayos de Cebado
- Pararrayos inhibidores de frecuencia del rayo:
- Pararrayos anti-rayo
- Inhibidor de rayos
- Pararrayos Desionizadores
- Pararrayos Desionizador de Carga electroestática (pág. 32).

De acuerdo a los intereses del presente trabajo se aborda la protección que ofrecen los dispositivos ionizantes. Ya que son los más utilizados en áreas abiertas similares al área objeto de estudio.

2.2.1.5. Pararrayos tipo Dipolo Corona.

Se reconoce en el presente trabajo el alto potencial del presente dispositivo para lograr una eficaz protección de un espacio en cuestión. El mismo logra un radio de protección muy superior a otros dispositivos como lo son los pararrayos de punta captadora (ver figura 2.10).

Los materiales con que deben estar contruidos dichos dispositivos deben ser buenos conductores de la corriente eléctrica, resistentes a las altas temperaturas y al oxido, ya que su instalación se realiza al intemperie. Dichos materiales pueden ser el cobre o alguna aleación con dicho metal, aluminio y acero inoxidable, entre otros.

Se trata de un dispositivo del tipo Desionizador de Carga Electroestática (PDCE), en el que opera un sistema de transferencia de carga (STC) sin necesidad de fuente radioactiva. Está constituido por dos discos de aluminio separados por un aislante dieléctrico los cuales los soporta un pequeño mástil también de Aluminio. Tiene una forma circular y está conectado en serie con la propia toma de tierra. Esto permite disipar la carga electroestática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo. (Herrera, et. al. 2010)

“Su principio de funcionamiento se basa en la transferencia de la carga electroestática antes de la formación del rayo eliminando el fenómeno de ionización o efecto corona” (Herrera, et. al. 2010). A partir de la canalización a través de la conexión del cable a tierra, el dispositivo conduce en un primer momento la diferencia de potencial de manera ascendente. “Este proceso natural anula el efecto corona en el exterior del pararrayos, no produciendo descargas disruptivas, ni ruido perceptible, ni radiofrecuencia, ni vibraciones del conductor”. (Herrera, et. al. 2010)

Como consecuencia de lo anterior expuesto el campo eléctrico en el aire no es superior a la tensión de ruptura al no tener la carga suficiente para romper su resistencia eléctrica. De esta manera protege de los impactos directos al área de cobertura, evitando daños a las personas y estructuras. Este sistema está diseñado para conducir la energía en el proceso de formación del rayo desde la parte superior hasta la tierra física. (Herrera, et. al. 2010)

Este dispositivo está diseñado para soportar corrientes de hasta 40000 amperes y en caso de algunas marcas como SEGURELEC ofrece productos en los que no recomiendan la necesidad de mantenimiento por la durabilidad de los materiales con los que está fabricado. Entre estos se encuentra el acero inoxidable para el anillo equipotencial, excitador toroidal, varilla de descarga y herrajes; así como la resina fenólica no combustible para el disco dieléctrico que soporta la bobina del excitador toroidal. Se recomienda

aterrizar este Sistema de Pararrayos con un Electrodo para tierra física de calibre 1/0 A.W.G de la misma marca del fabricante del pararrayos.

El ángulo de protección alcanzado por dicho dispositivo extiende el área protegida ya que la punta de la Barra de descarga, combinada con el anillo equipotencial y el excitador toroidal, forman una ionización del pararrayos que permite que el ángulo que forma el cono de protección se amplíe de 45 grados (...) a 72 grados. Esto permite que el Pararrayos proteja un radio de 3 veces su altura respecto a la horizontal. (SEGURELEC)

Por lo expuesto anteriormente con respecto al radio de protección, el cálculo del mismo se podría resumir en una sencilla fórmula (ver figura 2.10):

$$R_p = h \times 3 \quad (\text{Fórmula 3})$$

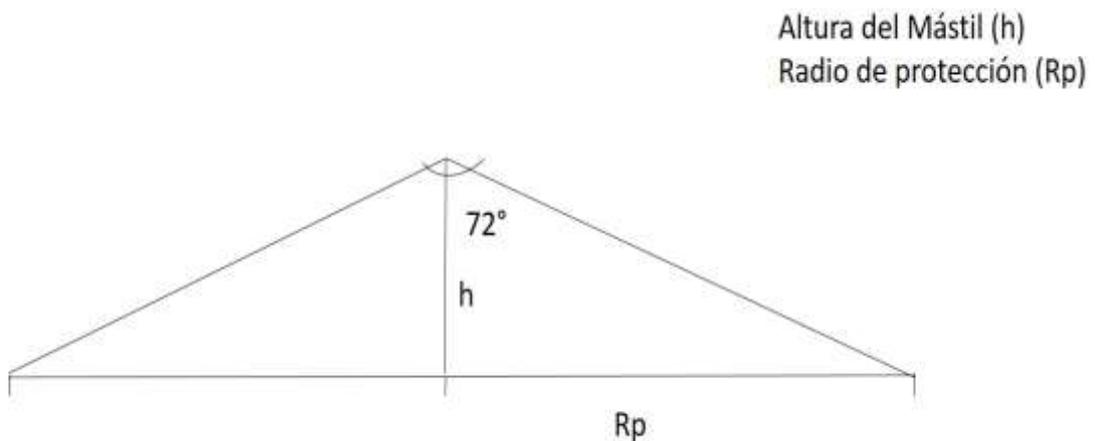


Figura 2.10: *Radio de Protección Pararrayos tipo Dipolo*
Fuente: Autor

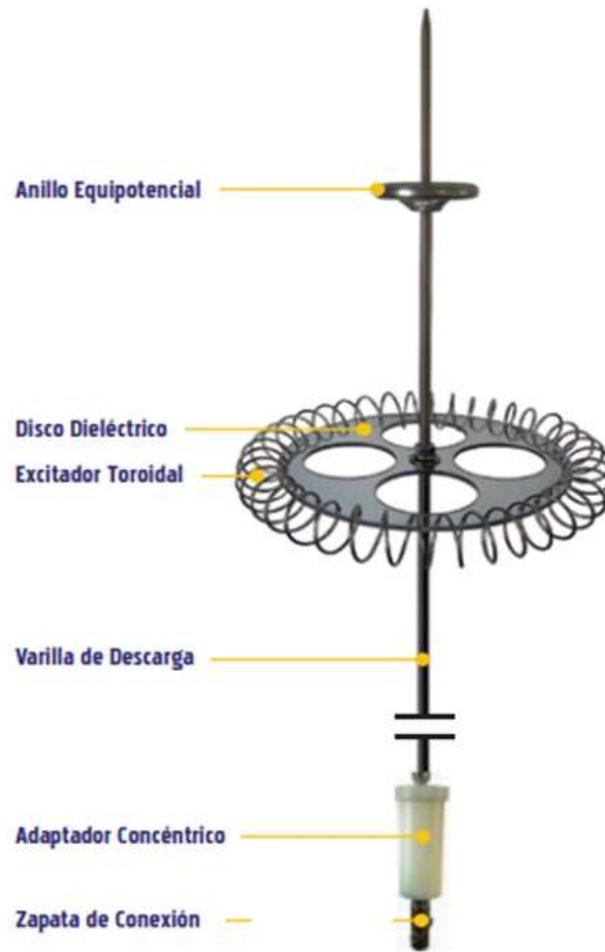


Figura: 2.11: *Pararrayos tipo Dipolo*
Fuente: (SEGURELEC)

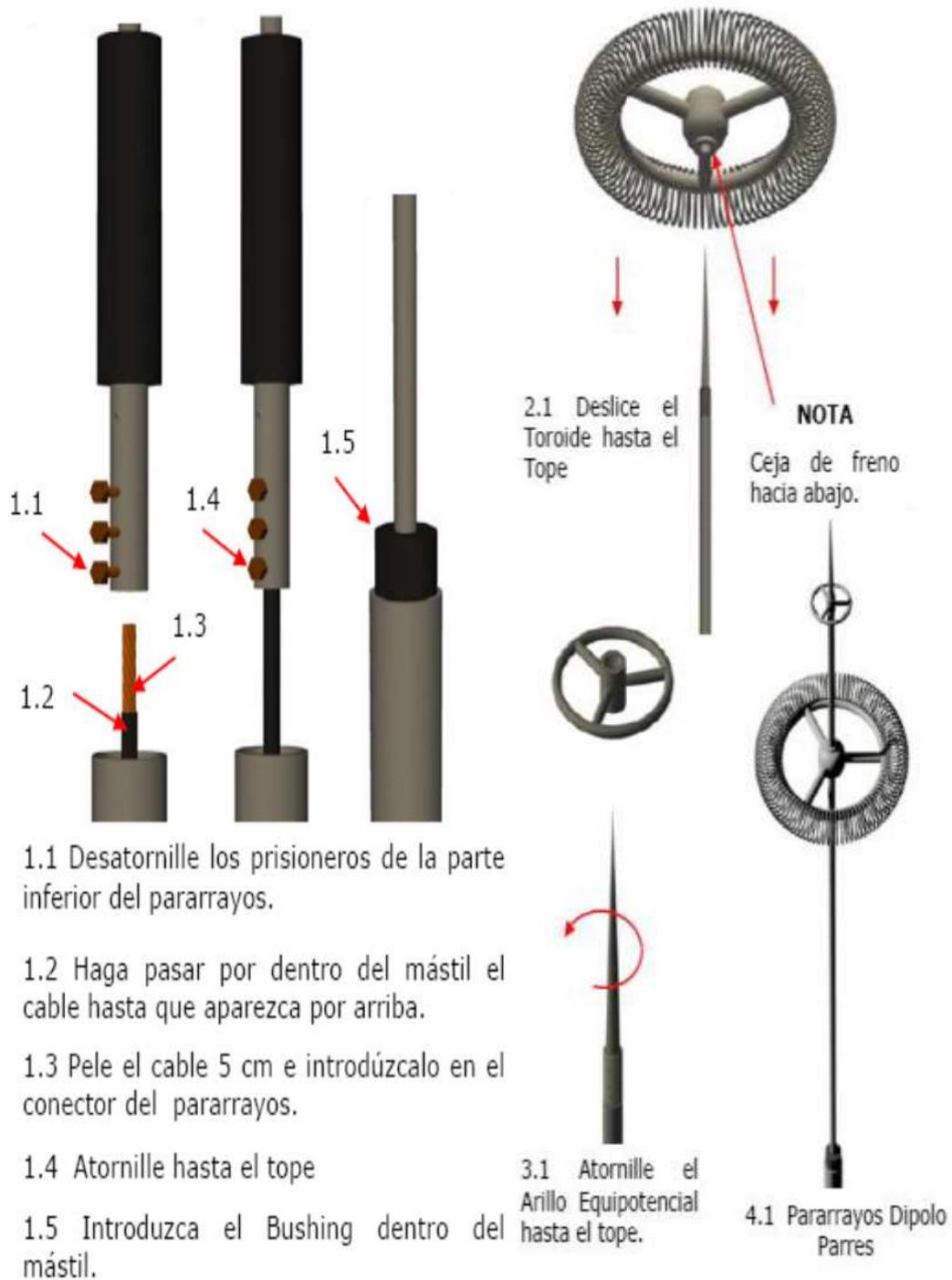
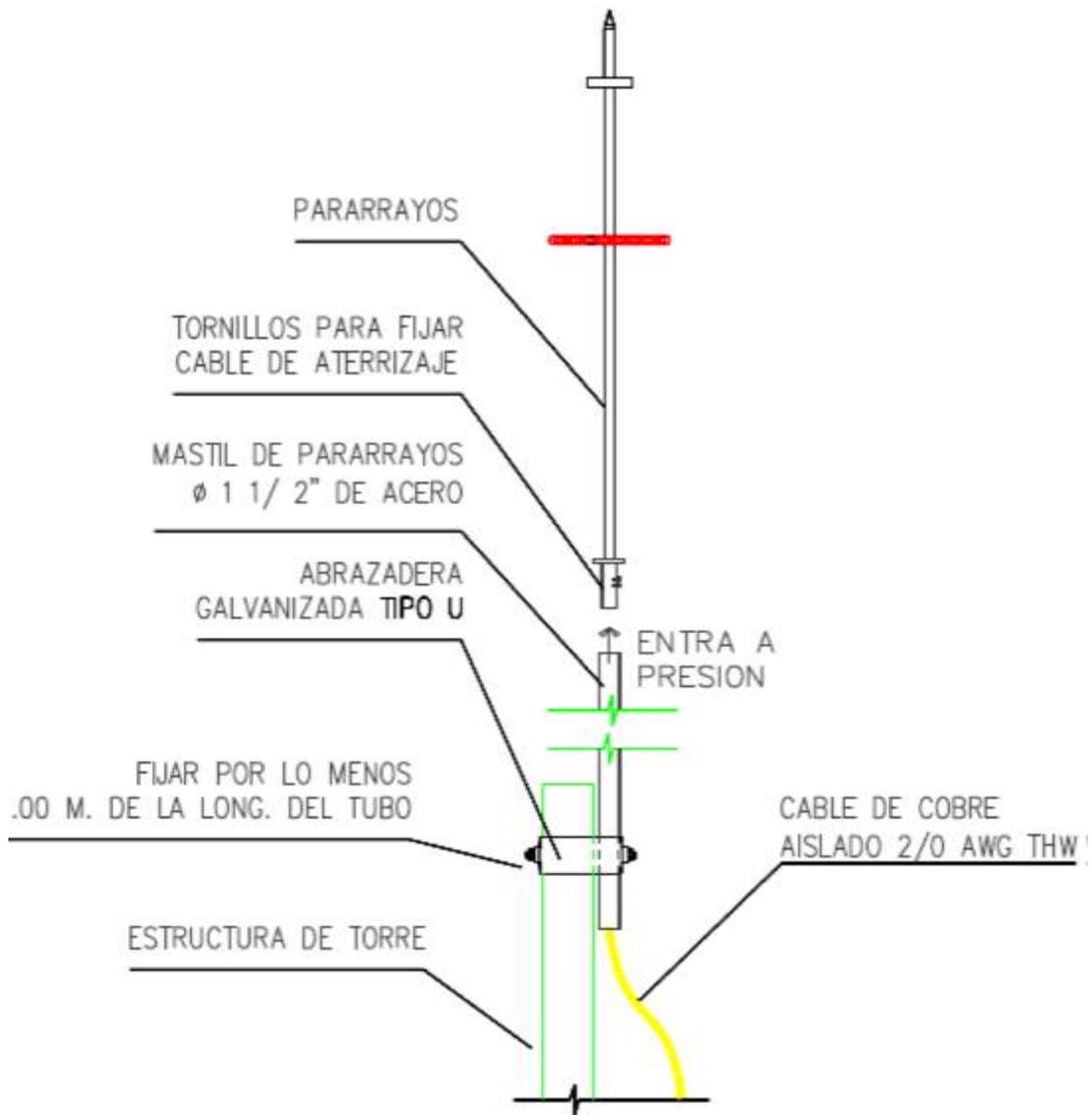


Figura 2.12: Armado del pararrayo tipo dipolo
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)



FIJACION DE MASTIL EP-M3 EN PERFIL ESTRUCTURAL DE TORRE

Figura 2.13: Especificación de las partes principales que componen el Pararrayos Tipo Dipolo
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)

Su sencillo principio de funcionamiento, amplitud del radio de protección en relación a otros modelos y durabilidad sin necesidad del mantenimiento, hacen del pararrayo tipo dipolo ionizante un instrumento muy

eficaz y eficiente en la protección contra descargas atmosféricas. Los sistemas de pararrayos con características CTS proporcionan mayor protección que los pararrayos simplemente terminados en punta (Herrera, et. al. 2010). Es por ello que el instrumento que se propone en el utilizar en el presente trabajo es el pararrayo ionizante para la reducción de riesgos de impactos de rayos en el campus UCSG.

2.3. Sistema puesta a tierra.

Como todo sistema eléctrico tiene la necesidad de una conexión eficiente a tierra que le permita una canalización de las sobrecargas para evitar daños o fallas. También en los sistemas de protección contra descargas atmosféricas, un sistema de puesta a tierra es de vital importancia atendiendo a las grandes tensiones y flujos de corrientes que deben disipar dichos sistemas, donde el principio fundamental es la descarga a tierra. La conexión a tierra tiene una relación directa con la resistividad del suelo y la calidad del conductor eléctrico utilizado para empotrar en la tierra. En este sentido si el suelo tiene un alto contenido de humedad, compuesto mayormente de arcilla y rico en minerales conductores de la electricidad la resistencia será baja, propiciando una eficaz conexión a tierra lo que no sucedería cuando el suelo sea rocoso con bajo contenido de humedad.

Es importante agregar también que “el suelo contenido dentro de un volumen hemisférico alrededor del electrodo (varilla) formado por radios igual a 1.1 veces la longitud del electrodo embebido en el suelo es referido como “hemisferio de interface” (Tasipanta, 2002, pág. 69). (Ver figura 2.14).

Atendiendo a lo antes expuesto se puede agregar “que la resistencia de un electrodo a tierra R es la suma de componentes:

$$R = 0.9 \times R1 + 0.1 \times R2 \quad (\text{Fórmula 4})$$

Siendo:

R1 = Resistencia del suelo dentro del hemisferio de interface

R2 = Resistencia promedio del suelo en el resto de la tierra” (Tasipanta, 2002, pág. 69).

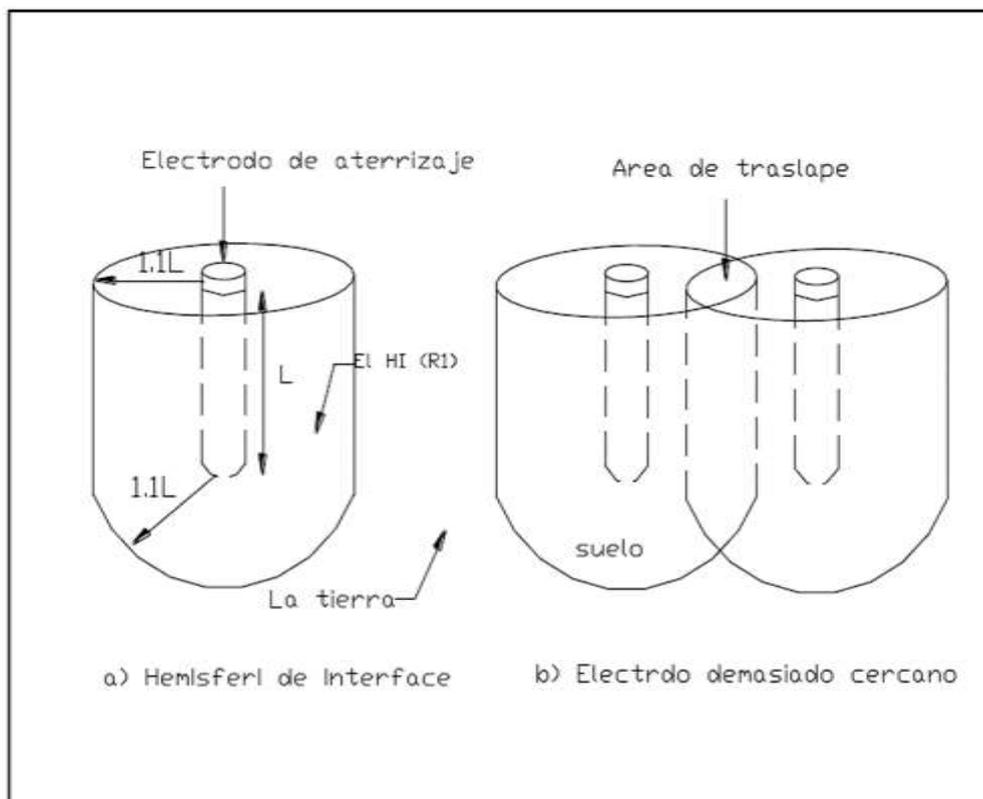


Figura 2.14: *Hemisferio de interface*
Fuente: (Tasipanta, 2002)

2.3.1. Mantenimiento de los pararrayos.

Los pararrayos, atendiendo a las condiciones ambientales a que se exponen, de manera general deben ser sometidos a revisión y mantenimiento. La periodicidad y forma de realizar dicha revisión y mantenimiento dependen de las especificaciones de cada fabricante y de la resistencia y durabilidad de los materiales usados para su fabricación. Generalmente, en caso de los fabricantes que recomiendan realizar mantenimiento, este debe realizarse una vez al año y tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cabezal.
- Posible oxidación del mástil.
- Cable conductor de tierra con sus respectivos empalmes y tubo de protección.
- Toma de tierra, calidad de la conexión, verificando que la resistencia no sobrepase los 10ohms según UNE21.186 (1996).
- Contador de rayos, en caso de existir en la instalación.
- El área donde se encuentra el pararrayo se deben valorar posibles variaciones (Herrera, et. al. 2010).

2.4. Nivel Isoeráunico.

La cantidad de días en un año en que se suceden descargas de rayos, dentro de las veinticuatro horas que comprenden un día, se corresponde con el nivel coránico. Dicha información se suele llevar a través de mapas que representan gráficamente la magnitud de la incidencia de este fenómeno en las diferentes regiones evaluadas. (Herrera, et. al. 2010)

De acuerdo al seguimiento dado por el cuerpo de bombero de Guayaquil estos estiman que en la ciudad se suceden un promedio de 5 a 10 rayos por kilómetro cuadrado cada año. (Castro, 2017, pág. 7)

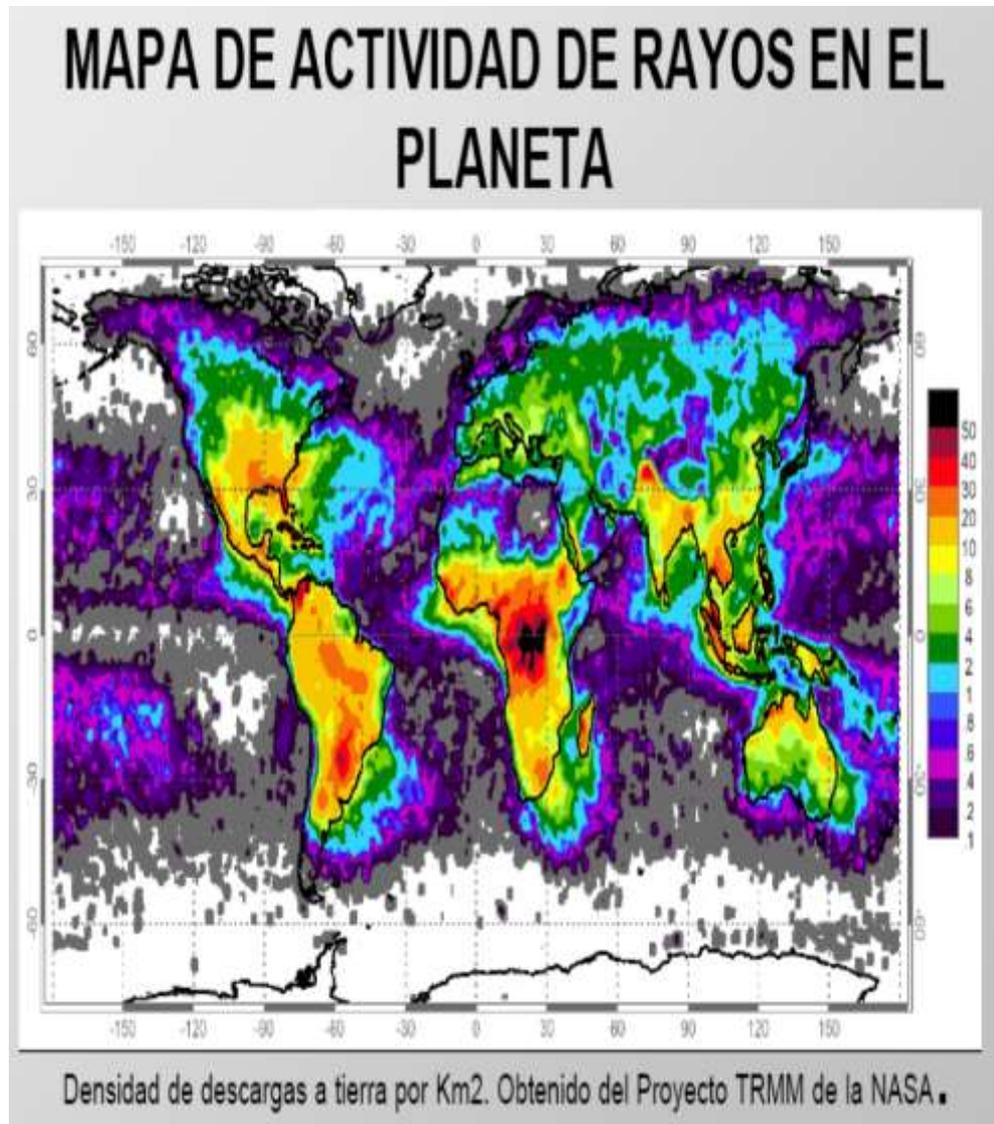


Figura 2.15: *Mapa de la Actividad de rayos en el Planeta*
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)

En la figura 2.15 se puede observar que la principal incidencia de descargas de rayo, está ubicada en el centro del continente africano, una zona cálida y boscosa con predominio de lluvias tropicales. De forma evidente se muestra como las regiones ecuatoriales son las de mayor gradiente isoceráunico con relación a regiones más templadas. Ecuador es un país

donde tienen lugar lluvias tropicales las que ocasionan un índice de descargas atmosféricas. En la figura 2.16, se puede observar la incidencia de este fenómeno en dicha región.

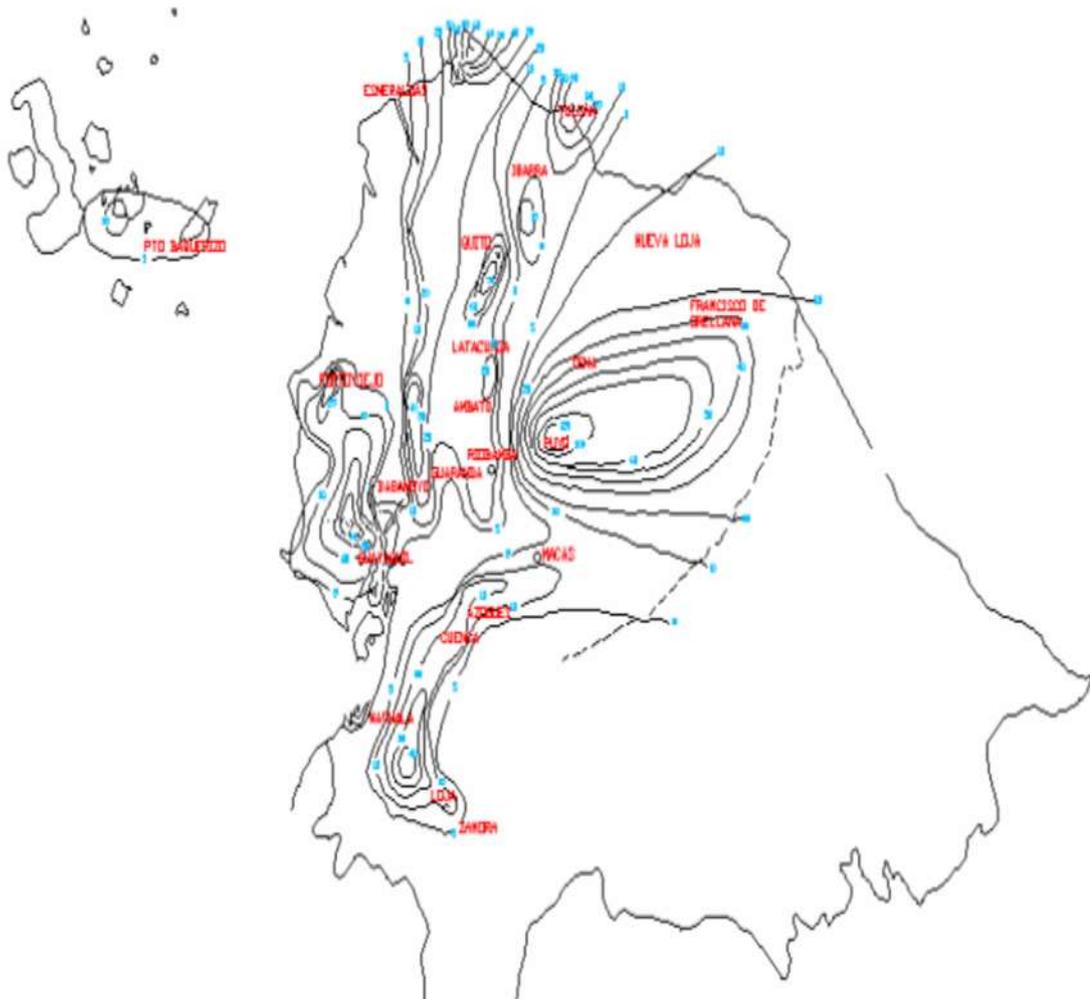


Figura 2.16: Mapa de la Actividad de rayos en el Planeta
Fuente: (Herrera, et. al. 2010)

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS Y ÁREAS DESPROTEGIDAS ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN CAMPUS USCG.

La Universidad Católica Santiago de Guayaquil está ubicado $2^{\circ}10'53''S$ $79^{\circ}54'15''O$ geo referencial, donde existe la alta probabilidad de impactos de rayos. Para este estudio, debemos indicar que fueron reveladas muchas dudas que ya se tenían en tanto y cuanto los elementos de protección llamados estos pararrayos no son los adecuados en cuanto a su cantidad es así que podemos tener una proyección más real de las necesidades de la institución.



Figura 3.1: *Campus Universidad Católica*
Fuente: *Departamento de Mantenimiento*

Para este trabajo se acudió a los reglamentos de prevención contra incendios citándose el artículo 167. “Todos los establecimientos deben de disponer de alumbrados de emergencias horizontales, verticales, zonas comunes y de servicio. Adicionalmente, aquellos que superen los doce metros (12 m), de altura en plantas contadas desde la rasante deben contar con un sistema de protección de descargas estáticas (pararrayos)” (MIES, 2009).

3.1. Entrevistas a expertos.

Para el levantamiento de información se realizaron entrevistas a 5 expertos en el tema. El objetivo de la entrevista es conocer las opiniones y la percepción sobre el actual sistema de protección de descargas atmosféricas en campus universitario y las medidas de seguridad que deben tomar las personas.

3.1.1. Datos de los expertos.

A continuación datos de expertos en el tema:

Entrevistado N.1 Ing. Bayardo Bohórquez docente UCSG.

Entrevistado N.2 Ing. Efraín Vélez docente UCSG.

Entrevistado N.3 Ing. Antonio Acosta asesor de Mantenimiento UCSG.

Entrevistado N.4 Ing. en Eléctrico mecánica Xavier Aurea.

Entrevistado N.5 Ing. Nehemías Preciado técnico CENEL.

3.2. Estructura de la entrevista.

La presente entrevista es para realizar un levantamiento de información y posteriormente hacer un análisis cualitativo, en cuanto a los pararrayos ya instalados en el campus. A seguir se detallan los resultados obtenidos de las cuatros preguntas formuladas:

Pregunta 1:

¿Cree usted que los pararrayos que se encuentran implementados en los sitios críticos cubren en su totalidad el campus universitario?

Entrevistado N.1

No me consta, la universidad debe de tener la mayor parte del campus protegida, lo cual se necesita hacer un estudio de la protección existente.

Entrevistado N.2

Debe ser así, se debe hacer una revisión a los pararrayos instalados si todavía cumplen con su objetivo, ya que fueron implementados hace algún tiempo.

Entrevistado N.3

En el plano que adjuntamos marcados en rojo están los pararrayos existentes. (Véase en anexo 4)

Entrevistado N.4

“no, la universidad aún no cuenta todavía con la protección de pararrayos que cubra la extensión de todas las facultades, ya que cada pararrayo cubre un radio y para una mayor seguridad deben implementarse más pararrayos para evitar alguna descarga atmosférica que lleva consigo aproximadamente 150.000 amperios.

Entrevistado N.5

No cubre, se aprecia el deterioro de los pararrayos existentes y no le han dado su respectivo mantenimiento por lo que cualquier momento puede sufrir un aterrizaje las líneas de distribución.

Análisis de pregunta 1

Cubre el total Al analizar las respuestas de los expertos se pudo detectar que es necesario que la universidad implemente pararrayos para mayor seguridad, hacer un análisis de estudio existente donde se deben implementar y además se necesita contar con un sistema de pararrayo aterrizado.

Pregunta 2:

¿Están, aulas, laboratorios y oficinas del campus UCSG preparada para consecuencias (sobretensiones) por descargas atmosféricas?

Entrevistado N.1

Si, la universidad se encuentra preparada ya que cuenta con un sistema de respaldo de energía van a proporcionar una continuidad de la operatividad de las descargas eléctricas.

Entrevistado N.2

Debe de estarlo, las instancias pertinentes área de mantenimiento ver la posibilidad de tener pararrayos en todo el campus e implementar nuevos pararrayos electrónicos.

Entrevistado N.3

Lo que se protege son las edificaciones y si están protegidas todas áreas de las mismas estarán protegidas.

Entrevistado N.4

No, recomiendo que se implemente para cada facultad generadores de emergencia para cubrir los servicios auxiliares y garantizar la tranquilidad de los estudiantes.

Entrevistado N.5

No, porque no tienen un generador de emergencia que cubra por lo menos luminarias.

Análisis de pregunta 2

Al analizar las respuestas de los entrevistados mencionan que la universidad cuenta con un sistema de emergencia, pero no abastece el campus.

Pregunta 3:

¿Qué tipo de pararrayos considera que se deben implementarse en los sitios del campus no protegido?

Entrevistado N.1

Considera los pararrayos ionizantes polímeros de mayor calidad para tener una mayor cobertura y garantizar la protección total del campus.

Entrevistado N.2

Considera reemplazar por pararrayos electrónicos, ya que el avance tecnológico se ha extendido y demuestran la eficacia de estos lo cual tienen un radio de protección mayor.

Entrevistado N.3

Se puede mantener utilizando el mismo que existe actualmente, se acompaña foto del mismo. (Véase en anexo 5)

Entrevistado N.4

Considera que se deben implementar los pararrayos ionizantes, ya que obtiene, almacene energía y atrae el rayo de una forma masiva.

Entrevistado N.5

“Se sugiere los pararrayos tipo polímeros ya que por su forma física y contextura son más fácil de darle mantenimiento y limpieza.

Análisis de pregunta 3

Al analizar las respuestas por parte de ingenieros, según las reformas se está aplicando los pararrayos ionizantes tipo polímeros ya que garantiza el radio de cobertura y su mantenimiento es factible.

Pregunta 4:

¿Cuáles son las medidas de seguridad que deben tomar las personas de la UCSG durante una descarga atmosférica?

Entrevistado N.1

Se debe estar cerca de una red eléctrica que está protegida por pararrayos conectados a tierra.

Entrevistado N.2

Se debe estar preparado antes eventos de caída de rayo, mediante un plan de contingencia, simulacros y publicaciones en la página web de la universidad.

Entrevistado N.3

La respuesta a esta pregunta debe ser contestada por especialistas de la “Unidad de Riesgos Laborales”.

Entrevistado N.4

“Se sugiere mantener la calma, apagar los dispositivos electrónicos, alejarse de los árboles, apartar algún tipo de metal ya que son conductores y en caso de emergencia llamar a las autoridades competentes ECU911.

Entrevistado N.5

Mantenerse alejado de las líneas eléctricas y seguir las normas de contingencias en base a descargas atmosféricas.

Análisis de pregunta 4

Al analizar las respuestas de los expertos mencionan que se necesita un plan de contingencia durante tormentas eléctricas, mantener la calma, situarse en las áreas protegidas, apagar dispositivos electrónicos y en caso de emergencia llamar a las autoridades competentes ECU911.

3.3. Estudio del tipo de pararrayo que se sugiere implementar en los sitios críticos identificados.

Para el presente estudio se sugiere implementar en los sitios desprotegidos señalados el pararrayo tipo dipolo ionizante de la empresa Bienalcorp, véase en la figura 3.12. Por sus características se acopla a los requerimientos de la UCSG, la cual se minimizara los riesgos por descargas atmosféricas. Por lo tanto el funcionamiento de los pararrayos tipo dipolo ionizantes, se basa en la presencia de iones en el ambiente alrededor de una punta ionizante mediante un sistema electrostático que actúan con el campo eléctrico que envuelve al rayo, debemos considerar que el uso de este tipo de sistemas ionizantes en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL proporciona la ventaja de que estos funcionan incrementando su energía y la erradica de manera masiva esto es porque su

energía es captada en el mismo campo eléctrico de la atmósfera. El mayor beneficio de las implementaciones estas, consiste en dar protección a individuos equipo electrónico y bienes materiales.

3.3.1. La puesta de tierra y resistividad del suelo.

El Sistema de puesta a tierra debe considerar con una baja resistencia mínima de 3 ohmios para que la descarga atmosférica aterrice de forma segura. Por lo tanto se debe de considerar que el pararrayo tenga una baja impedancia, para poder llevar a cabo si ciclo, la implementación del pararrayo ionizante en la UCSG tiene consigo una punta captadora de cobre electrolítico acoplado permanentemente al sistema de puesta a tierra por medio de un conductor. Cabe recalcar que una manera de verificar con una gran precisión cual es la variante de resistividad del suelo esto es usando el marcador de que la resistencia del electrodo es directamente proporcional al suelo.

El procedimiento de puesta a tierra debe efectuarse en base a las análisis establecidas puesto que las líneas de protección instaladas inicialmente, se efectúa un estudio para establecer una resistividad del terreno sea lo más bajo posible. Las causas de contar con una impedancia alta en el terreno pueden ocasionar niveles de tensión elevados durante algún impacto de descarga atmosférica, lo fundamental que la UCSG cuente con un terreno de baja impedancia ya que está situada en un suelo cultivable y fértil, y en especial el suelo es húmedo con una resistividad cercana de 10 ohmios.

3.4. Posicionamiento de los pararrayos ionizantes existentes y los sistemas de pararrayos por implementar.

Partimos de la premisa que un sistema de protección atmosférico es decir un pararrayo es un elemento cuya función es provocar el acercamiento de este evento el rayo de tal forma que se puede transferir su poder hacia tierra de una manera segura tanto a los seres vivientes como a las estructuras inertes (edificaciones). Tomando en cuenta todas estas características vamos a delimitar cuales serían estos lugares o áreas desprotegidas en las estructuras así lo marcamos en la foto dada por el área de mantenimiento UCSG, que a continuación presentamos:



Figura: 3.2 Levantamiento de pararrayo existentes.
Fuente: *Departamento de Mantenimiento UCSG*

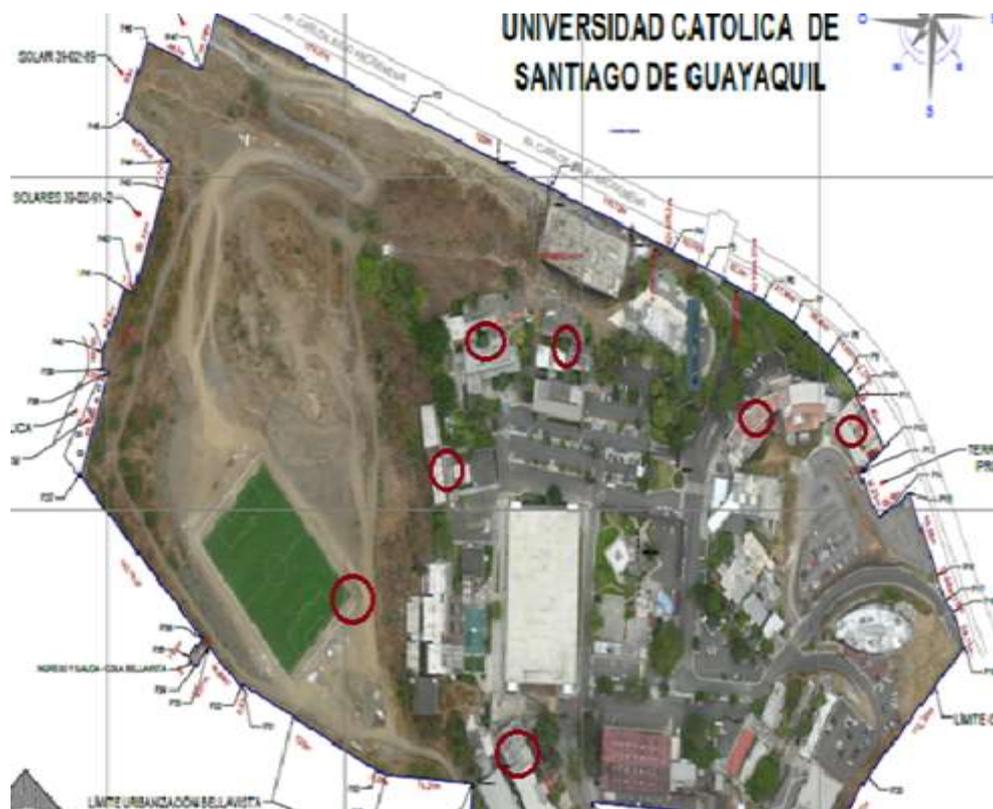


Figura 3.3: Levantamiento de pararrayo por implementar
Fuente: Autor

La figura 3.2 se muestra los puntos color negro pararrayos existentes y en la figura 3.3 se muestra los puntos color rojo pararrayos por implementar. Se realizó un análisis más específico del levantamiento de pararrayos existentes y por implementar, el área de mantenimiento establece que existen solo 10 unidades de protección atmosférica en sitio, estos a su vez están espaciados entre sí, sin embargo, a manera de recomendación determinamos que estos sean incorporados por un nuevo sistema de pararrayos tipo dipolo ionizante. En base a estudios previamente desarrollados podemos marcar los puntos ya marcados donde se deben colocar estos elementos dando un total de 17 unidades de protección atmosférica en el campus de la Universidad Católica.

3.5. Radio de protección pararrayos existentes.



Figura 3.4: Radio protección pararrayos existentes
Fuente: Autor

Cálculo cono de protección:

$$\text{Tan } \beta = R / \sum H \quad (\text{Fórmula 4})$$

Esta fórmula implica despejar el radio, por lo cual se deberá multiplicar la tangente del ángulo por la altura total. (Crespín M., 2016, pág. 109)

$$R = \text{Tan } \beta \times \sum H$$

H1 (edificio)

H2 (pararrayo)

R: (ángulo de protección)

$$R = (\text{tan } \beta) \times (H1 + H2)$$

- Edificio empresarial:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (50\text{m} + 6\text{m}) = 79,97\text{m} \times 4 \text{ pararrayos} = 319,90\text{m}$$

- Técnica para el desarrollo:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (3\text{m} + 6\text{m}) = 12,85\text{m}$$

- Canal antena:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (18\text{m} + 6\text{m}) = 34,27\text{m}$$

- Aula magna:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (12\text{m} + 6\text{m}) = 25,70\text{m}$$

- Centro de desarrollo tecnológico:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (12\text{m} + 6\text{m}) = 25,70\text{m}$$

- Jurisprudencia:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (12\text{m} + 6\text{m}) = 25,70\text{m}$$

- Economía:

$$R = (\tan 55^\circ) \times (12\text{m} + 6\text{m}) = 25,70\text{m}$$



Figura 3.5: Radio de protección total perímetro USCG
Fuente: Autor

La figura 3.5 se muestra los círculos color rojo el radio de protección de pararrayos existentes y los círculos color negro el radio de protección de pararrayos por implementar.

3.6. Selección de áreas no protegidas.

Tomando en consideración la geo posición de la universidad se realizó un estudio en el cual se verificaron las áreas más delicadas que son más propensas a recibir este tipo de descargas atmosférica, esto arrojó como resultado las siguientes áreas donde se implementarán los 7 pararrayos adicionales tipo dipolo ionizante:

Edificio Principal
Ingeniería
Centro de Idiomas
Arquitectura
Filosofía
Medicina
Cancha Deportiva



Figura 3.6: Perímetro de la UCSG
Fuente: Departamento de Mantenimiento UCSG

Para el pararrayo que se propone implementar en los sitios críticos indagados en el campus UCSG se estima que debe ser al menos de 6 metros por encima de la edificación a proteger, donde se utilizará el grado de protección del pararrayo ionizante, como se muestra en la Figura 2.10, porque ofrece mayor seguridad y resistencia contra una descarga atmosférica, entonces como marcamos que existe un ángulo de amparo de 72° grados. De esta manera

se obtienen las siguientes las variables que son mencionadas, se esgrime el subsiguiente procedimiento para el procesamiento de datos según:

$$\text{Tan } \beta = R / \sum H$$

Esta fórmula implica despejar el radio, por lo cual se deberá multiplicar la tangente del ángulo por la altura total.

$$R = \text{Tan } \beta \times \sum H$$

H1 (edificio)

H2 (pararrayo)

R: (ángulo de protección)

$$R = (\text{tan } \beta) \times (H1 + H2)$$

A continuación se detalla el análisis de implementación para cada sitio crítico investigado:

3.6.1. Edificio Principal – 1 pararrayo tipo ionizante.

Por la magnitud de las estructuras y la importancia que tiene este edificio para la UCSG, se considera necesaria la implementación de 1 pararrayo en la terraza del mismo. Esta edificación es una altura de 18 metros; así mismo usaremos una estructura de soporte de 6 metros para pararrayo, estos nos sumaran un total de 24 metros, esto así mismo nos dará un radio de cobertura para, este pararrayo de protección de 73,86 metros.

$$H1 = 18\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \text{Tan } \beta \times \Sigma H$$

$$R = (\text{tan } 72^\circ) \times (18 + 6) = 73,86\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 73,86 metros.



Figura 3.7: *Edificio Principal no se aprecia pararrayo*
Fuente: *Autor*

3.6.2. Centro de Idiomas - 1 pararrayo tipo ionizante.

En el ICAIM se sugiere la instalación de un pararrayo, ya que la facultad tiene equipos de cómputo y personal en actividad. En base a la altura del edificio tiene 9 metros, estructura del pararrayo 6 metros, esto suma una envergadura de 15 metros así podemos definir un radio de protección de 46,16 metros.

$$H1 = 9\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \tan \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (9 + 6) = 46,16\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 46,16 metros.



Figura 3.8: Centro de Idiomas no se aprecia pararrayo
Fuente: Autor

3.6.3. Ingeniería - 1 pararrayo tipo ionizante.

En la edificación que acoge a la Facultad de Ingeniería proponemos la instalación de un pararrayo de este tipo esto es porque en su interior hay numerosos laboratorios de las diversas especialidades de la carrera. En base a la altura del edificio tiene 12 metros, así también la estructura del pararrayo 6 metros, esto sumados entre si nos da como resultado una altura de 18 metros, así determinamos, que esta unidad de protección nos acogerá con un radio de protección de 55,39 metros.

$$H1 = 12\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \tan \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (12 + 6) = 55,39\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 55,39 metros.



Figura 3.9: Facultad de Ingeniería no se aprecia pararrayo
Fuente: Autor

3.6.4. Arquitectura - 1 pararrayo tipo ionizante.

En la facultad de Arquitectura se recomienda la instalación de 1 pararrayo, ya que su edificación tiene en su interior varios laboratorios que contienen equipos de cómputo. En base a la altura del edificio tiene 15 metros, estructura del pararrayo 6 metros, esto sumados entre si nos da como resultado una altura de 21 metros, por lo tanto, este sistema de protección nos permitirá tener un radio de cobertura de 64,63 metros.

$$H1 = 15\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \tan \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (15 + 6) = 64,63\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 64,63 metros.



Figura 3.10: *Facultad de Arquitectura no se aprecia pararrayo*
Fuente: Autor

3.6.5. Filosofía - 1 pararrayo tipo ionizante.

En la facultad de Filosofía se estima la instalación de 1 pararrayo, ya que su edificación tiene en su interior varios laboratorios audiovisuales y son equipos de altos costos. En base a la altura del edificio tiene 18 metros, estructura del pararrayo 6 metros, estos sumados nos da como resultado una altura de 24 metros, por lo tanto, este sistema de protección nos dará un radio de cobertura de 73,86 metros.

$$H1 = 18m$$

$$H2 = 6m$$

$$R = \text{Tan } \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (18 + 6) = 73,86\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 73,86 metros.



Figura: 3.11 Facultad Filosofía no se aprecia pararrayo
Fuente: Autor

3.6.6. Medicina - 1 pararrayo tipo ionizante.

En la facultad de Medicina se considera implementar 1 pararrayo, ya que en su interior cuenta con laboratorios, dispensario médico, y equipos de alto valor económico, que al sufrir algún tipo de impacto atmosférico pueden llegar a sufrir daños irreversibles. En base a la altura del edificio tiene 18 metros, estructura del pararrayo 6 metros, estos así sumados nos da un total de altura de 24 metros, por lo tanto, este sistema de protección nos dará un radio de cobertura de 73,86 metros.

$$H1 = 18\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \text{Tan } \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (18 + 6) = 73,86\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 73,86 metros.



Figura 3.12: *Facultad de Medicina no se aprecia pararrayo*
Fuente: Autor

3.6.7. Cancha Deportiva - 1 pararrayo tipo ionizante.

En la nueva cancha deportiva se propone la instalación de 1 pararrayo, ya que se encuentra en un sitio crítico alto, despejado y estudiantes en actividad física. En base a la altura donde se encuentra ubicada la cancha deportiva se instalará una torre de 14 metros, estructura del pararrayo 6 metros, así la suma nos da un total de 20 metros, donde este sistema de protección nos dará un radio de cobertura de 61,55 metros.

$$H1 = 14\text{m}$$

$$H2 = 6\text{m}$$

$$R = \tan \beta \times \sum H$$

$$R = (\tan 72^\circ) \times (18 + 6) = 61,55\text{m}$$

Se realizó el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 61,55 metros.



Figura 3.13: *Cancha Deportiva no se aprecia pararrayo*
Fuente: Autor

3.7. Presupuesto de sistema de pararrayos y mallas de puesta a tierra.

En el presente estudio estableceremos ciertos parámetros que determinaran si es factible o no la instalación de este sistema operativamente hablando, la instalación no afecta de ninguna manera las actividades de la universidad. La factibilidad es accesible a la relación costos-beneficios para la adquisición comercial del dispositivo, debido que no existe una gran magnitud de oferta.

Por lo tal, se reducen las alternativas de costos por demandas, proyectándose un mercado adquisitivo de consumidores a la compraventa del artefacto. La viabilidad de comercialización es aceptable por la poca oferta ante la posible demanda, estableciéndose la visión de un status de mercadeo operable.

Figura 3.14: Proforma pararrayo sugerido
Fuente: BIENALCORP (2018)

3.8. Daños provocados por descargas atmosféricas.

Según, (SCHEIDER ELECTRIC, 2018), todos los días se producen accidentes por descargas atmosféricas en algún lugar del mundo. Los daños a personas se producen cuando un rayo alcanza la tierra exactamente sobre la ubicación de la persona. El riesgo es elevado si se permanece en el exterior durante una tormenta, especialmente bajo arboles altos, en áreas con agua

 RUC # 0992122870001   Soldadura Extermicas, Mejorador de conductividad, Supresores Transientes, Pararrayos Diseño y Construcción de sistemas de Tierra, Mediciones de Resistividad, Electrodo Activos					
CLIENTE: Anibal Javier Chica Tambaco REQUISICION: Atn.: anibal_chica@hotmail.com			PROFORMA: 2018-203eb FECHA: 08/ago/2018		
MATERIALES ELECTRICOS					
PARARRAYOS Y MALLAS DE PUESTA A TIERRA					
1	PARARRAYOS ELECTROWELD MODELO PROME incluye torre	1	UNIT	\$1.770,00	\$1.770,00
3	BASE 0,30 X 0,30M X 3MM + MASTIL RIGIDO GALVANIZADO 2" X 6,00 MTS	1	UNIT	\$125,00	\$125,00
6	CABLE Cu # 1/0 AWG	20	MTS	\$8,00	\$160,00
7	ACCESORIOS FIJACION MASTIL (CABLES TENSORES, GRILLETES, TEMPLADORES, BASES CABLES, ETC)	1	UNIT	\$150,00	\$150,00
8	TUBERIA RIGIDA GALVANIZADA 1" X 3,00 MTS CON UNION	3	UNIT	\$13,50	\$40,50
9	GRAPAS OMEGAS 1" - SS (SUJECION TUBERIA)	9	UNIT	\$4,50	\$40,50
10	CABLE Cu # 1/0 DESNUDO (MALLA Y UNION EQUIPOTENCIAL)	10	MTS	\$8,00	\$80,00
11	VARILLAS COOPERWELD DE 5/8" X 8'	4	UNIT	\$13,50	\$54,00
12	FUSION DE VARILLA 5/8" A CABLE # 1/0	4	PTOS	\$15,00	\$60,00
13	FUSION DE CABLE Cu 2/0 A MALLAS	1	PTOS	\$15,00	\$15,00
14	FUSION DE CABLE # 1/0 A CABLE 1/0	2	PTOS	\$15,00	\$30,00
15	FOSO DE REVISION POLIMERO T416B 10" x 10-1/4" x 13" - OD	1	UNIT	\$95,00	\$95,00
16	MYGEM (MEJORADOR DE CONDUCTIVIDAD) X 11,5 Kg	6	SAC	\$19,00	\$114,00
17	EXCAVACION, RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS	1	GBL	\$650,00	\$650,00
18	MANO DE OBRA (DESMONTAJE, MONTAJE Y TRANSPORTES)	1	GBL	\$980,00	\$980,00
19	MEDICION DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA CON REPORTE GRAFICO	1	UNIT	\$100,00	\$100,00
20	DIRECCION TECNICA E IMPREVISTOS	1	GBL	\$445,00	\$445,00
				SUBTOTAL	\$4.009,00
				14% IVA	\$687,26
				TOTAL	\$5.596,26

abundante o en áreas amplias y sin obstáculos, como un campo de futbol.

El 40% de los incendios en edificios están provocados por rayos, seguidos por las averías eléctricas. Esto sucede cuando los rayos descargan a tierra directamente a través del edificio, están más expuestos los edificios altos con cubiertas agudas, los edificios situados en áreas húmedas o en altitud, o los aislados sobre un terreno llano. Para el resto tiene una probabilidad estadística baja, pero los rayos son más que impredecibles.

La destrucción de sistemas electrónicos realmente el caso más frecuente, un rayo cae cerca de una línea de suministro eléctrico y que puede trasladarse y provocar daños en edificios situados a kilómetros de distancia. Un rayo que descarga sobre tierra en las proximidades de un edificio también puede “escalar” hacia los sistemas eléctricos domésticos a través de la toma a tierra. Las alteraciones en la vida diaria de los afectados son peores cada año, debido al aumento del valor de los equipos electrónicos y su costo de sustitución, la dependencia de estos equipos para nuestras actividades, tanto personales como profesionales.

3.9. Relación costo-beneficio de la propuesta realizada en la presente investigación.

Es innegable el valor infinito e incuantificable que posee una vida humana. Dentro de los propósitos de la presente investigación se encuentra el de resguardar la vida de miles de seres humanos. Si se analiza la incidencia, en un corto espacio de tiempo, de las descargas atmosféricas en la zona objeto de estudio, de acuerdo con el nivel isoceráunico de la zona, como se muestra en la figura 2.16; se puede apreciar el riesgo a que se

exponen las personas que habitualmente circulan en la zona del campus UCSG. A esto se le suma que en la zona existen aproximadamente tres subestaciones eléctricas conectadas a través de líneas de transmisión y otros transformadores de mediano tamaño. Además existen edificaciones provistas de avituallamiento y equipamiento electrónico sensible a las altas tensiones.

Una de las causas más frecuentes de las fallas en las subestaciones eléctricas, causando daños considerables, son, según Crespín M. (2016) “los sobre voltajes transitorios que son generados por las descargas atmosféricas que a su vez dejan infinidad de fallas a su paso” (pág. 3). Todo ello se traduce en pérdidas económicas en el transcurso del tiempo. Por otra parte “anualmente en Colombia se averían alrededor de 15000 transformadores” (Jiménez, 2016, pág. 22) en cada año, una zona de similar incidencia de descargas atmosféricas como lo es el objeto de estudio. Todo esto muestra las pérdidas a que es vulnerable la zona evaluada en caso de una protección inadecuada o insuficiente como sucede en realidad.

En la tabla 2 se realiza un breve análisis de la relación costo beneficio que se establece en caso de llevar a cabo la propuesta elaborada en la siguiente investigación. Para ello se parte de información tributada por la compañía de seguros que le brinda servicio a la universidad (ver anexo: 7). En este sentido se tomó el monto total en caso de muerte que la aseguradora abona el cual sería de 8000.00 USD. A lo que se le suma un estimado sobre daños materiales en caso de que un rayo impacte alguna de las infraestructuras de la zona.

Se realiza el análisis deduciendo que en una zona desprotegida o protegida deficientemente, puede recibir los daños antes estimados en personas y recursos materiales en un estimado total de 70000.00 USD cada cinco años, esto, si cada año las descargas atmosféricas, provocan un impacto en la infraestructura y uno en una persona, ocasionándole la muerte. Por otra parte se compara con el costo total de la suma de los siete pararrayos que se propone instalar (ver figura 3.14) y el costo de su mantenimiento a los cinco años (300.00 aproximado por pararrayos).

Tabla 2 Análisis de costo-beneficio de la puesta en práctica de a propuesta de disminución de riesgos en campus UCSG.

	Costos		Beneficios por ahorro de recursos	
	Costo de instalación total de 7 pararrayos	Mantenimiento cada cinco años	Indemnización del seguro por persona impactada	Otros daños materiales
	39172.00	2100.00	8000.00	6000.00
Total en cinco años	41272.00		70000.00	
Diferencia		28728.00		

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Se determinó el cono de protección de los pararrayos instalados en el campus identificadas por el área de mantenimiento el Ing. Antonio Acosta asesor de Mantenimiento UCSG, sabiendo esto se estableció una metodología cuantitativa ya que el sistema de protección actual contra descargas atmosféricas no brindan una adecuada cobertura de protección, con esta propuesta de protección se toma conciencia de los riesgos que representan las descargas atmosféricas.
- Realizando el análisis de campo se evidencia la falta de pararrayos en áreas desprotegidas, por lo cual existe poca seguridad dentro del perímetro universitario y se desconoce las medidas de seguridad que deben tomar las personas durante algún evento atmosférico. Se necesita instalar pararrayos ionizantes en áreas ya ubicadas con la finalidad de prevenir accidentes mortales y u otros daños.
- Se concluye los beneficios que conlleva la aplicación de este sistema contra descargas atmosféricas es factible desde su costo de instalación, mantenimiento y la reducción de riesgos ya que brindan mayor área de protección; lo que demuestra que el costo-beneficio de este sistema aplicar son de gran utilidad.
- Aplicando la metodología de encuestas estructuradas a nivel cualitativo y cuantitativo a expertos se ha concluido que es necesario la implementación de nuevos pararrayos en zonas desprotegidas y señalización en áreas vulnerables.

4.2. Recomendaciones.

- Se recomienda un plan de mantenimiento y guía de seguridad en los actuales sistemas de pararrayos para evitar pérdidas tanto materiales como personales, esto tiene que ver con el grado de afectación de equipos y su costo de reposición, puesto que las descargas atmosféricas generan grandes voltajes provocando un campo magnético de afectación volátil de gran alcance.

- A futuro se recomienda implementar 7 nuevos sistemas de descargas atmosféricas en los sitios críticos analizados donde no cubren en su totalidad el campus universitario, de esta manera se podrá prevenir los daños a personas, sistemas eléctricos y deterioro de equipos que generan graves pérdidas.

- Se recomienda capacitar a docentes, estudiantes y personal administrativo sobre las medidas de seguridad que deben tomar durante estos eventos atmosféricos.

- Colocar señalética respectiva en las zonas vulnerables o desprotegidas, para que las personas estén prevenidas en caso de descargas atmosféricas.

Bibliografía

- abatronixingenieria. (2018). <http://www.abatronixingenieria.com/#>.
- Alava, Á. (2014). "Estudio del sistema contra descargas atmosféricas en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil". *Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador.
Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2884/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-35.pdf>
- ASEP. (2010). GUÍA PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.
- BIENALCORP. (2018). *Proforma*. Guayaquil.
- Bravo, M., Cano, R., & Durán, M. (2014). "Propuesta de protección contra descargas atmosféricas". *Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México*. Ciudad de México, México.
- Cano, E. (2008). Sistema Integral de Protección contra rayos SIPRA. *La Norma NTC4552-2004. Universidad Nacional de Colombia*. Colombia.
- Castiblanco, W. (2011). ESTUDIO TÉCNICO PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN. Colombia.
- CASTRO. (2017). *EXPRESO*.
- Castro, R. (12 de marzo de 2017). "Escasa defensa contra los rayos". *Expreso*.
- CONDENSA . (26 de agosto de 2015). *LIKINORMAS* .
- Crespin, M. (2016). "Análisis y diseño del sistema de pararrayos de la subestación". *Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6637/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-85.pdf>

- EDENORTE . (07 de enero de 2008). *Division Normativa y Normalizacion especificacion tecnica para transformador PAD-MOUNTED monofasico*. Recuperado el 21 de julio de 2015, de Division Normativa y Normalizacion especificacion tecnica para transformador PAD-MOUNTED monofasico.
- FOREND. (2014). Sistema de soldadura exotermica.
- Golup, G. T. (2002). <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>. Obtenido de <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>.
- Hernandez. (2011). *Desastres naturales*. Obtenido de <http://la-naturaleza-en-accion.blogspot.com/2011/03/impacto-de-un-rayo.html>
- Herrera, D., Holguín, E., Jordán, M., Saltos, F., & Torres, J. (2010). "Estudio, diseño e implementación de un sistema de protección". Tesis de pregrado. *Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil.
- Huatuco, C. (2010). "Incremento de la confiabilidad en sistemas". *Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*. HUANCAYO, PERÚ. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3595/Huatuco%20Raymundo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IE. (2017). *Instalaciones Electromecanicas*. Obtenido de <https://ie2mmo.wordpress.com/category/teoria/page/2/>
- INGESCO. (2016). "*Tipos de pararrayos*". Obtenido de <https://www.ingesco.com/es/noticias/tipos-pararrayos>
- INT. (2010). *PARARRAYOS EN TORRES DE TELECOMUNICACIONES 03-2010*. Obtenido de <http://www.ea1uro.com/ea1gx/rayo-torres-telecom.pdf>

Jimenes, S. (2016). Relación entre descargas eléctricas atmosféricas a tierra y fallas en líneas de transmisión y distribución de energía - operador centrales eléctricas de norte de Santander Colombia. *Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá, Colombia.

KETEA. (2014). *KETEA*. Obtenido de <http://epsaquatic.com.ar/eiusmod-tempor/>

Kisielewsky, A. (2000). "Estudio de la protección contra las descargas atmosféricas". *Tesis de pregrado. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería*.

Buenos Aires, Argentina. Obtenido de

<http://web.fi.uba.ar/~akistel/TESIS.pdf>

López, J. (2011). Metodología para predicción de tormentas eléctricas a partir de mediciones de campo electrostático ambiental y sistemas de localización de rayos en zona montañosa. *Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/6213/1/300119.2011.pdf>

Martínez, D. (2011). Diseños de protección contra descargas atmosféricas en un tanque de almacenamiento de productos inflamables. Ciudad de Mexico, Tesis de grado. Escuela superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica, Mexico.

Obtenido de

<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10515/1/59.pdf>

MIES. (2009). Obtenido de

<http://hit.senplades.gob.ec/documents/20182/30660/REGLAMENTODEPREVENCIÓNMITIGACIONYPROTECCIÓNCONTRAINCENDIOSDELMINISTERIODE.pdf/0b2c1623-b945-484d-8ec9-681cc4ebbd1f>

- Montes, A. R. (2015). *Pararrayos*. Obtenido de <https://www.pararrayos-pdce.com/rayo-y-pararrayos/estudio-nivel-de-riesgo-rayos/>
- Muñoz, R. (2015). Contribucion a los sistemas de proteccion contra el rayos. *Departamento de ingenieria electrica*. Valencia.
- ORDOÑEZ, V. H. (4 de ENERO de 2008). ESTUDIO PARA LA CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION DE EDFICIOS T2, T3, T4, T5 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. *ESTUDIO PARA LA CONSTRUCCION DE LA SUBESTACION DE EDFICIOS T2, T3, T4, T5 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*. GUATEMALA .
- Paste, J. y. (2002). "Implementación de un pararrayo para protección de un sistema de antenas del ITSA". Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8025/1/T-ESPE-ITSA-000087.pdf>
- Reyes, A. (2016). *Globedia*. Obtenido de <http://ec.globedia.com/tipos-de-pararrayos>
- Rodríguez, S. D. (30 de junio de 2018). *SebastianJimenezR.2016.pdf*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/52566/7/SebastianJimenezR.2016.pdf>
- Ronald Soria. (2017). *Expreso.ec*. Obtenido de <http://www.expreso.ec/guayaquil/escasa-defensa-contra-los-rayos-XY1155110>
- Ruelas. (2011). *sistema puesta a tierra*. Obtenido de <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>
- Ruiz, D. (2015). "Contribuciones a los sistemas de protección contra rayos". *Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia*. Valencia, España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59440/RUIZ%20->

%20Contribuciones%20a%20los%20sistemas%20de%20protecci%C3%B3n%
20contra%20el%20rayo.pdf?sequence=1

SCHEIDER ELECTRIC. (2018). *Scheider Electric*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.es/es/partners/electricians/protection-against-lightning/damageable-effects-of-lightning.jsp>

SEGURELEC. (s.f.). "Sistema de Pararrayos tipo Dipolo Corona marca SEGURELEC". Obtenido de http://www.segurelec.com/fichas/FichaT_Pararrayos.pdf

Soto, M., & Trelles, W. (2006). Programa digital para el estudio y eimulación del cálculo de fallas por apantallamiento y flameo inverso en líneas de transmisión. *Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2763/1/CD-0389.pdf>

Tasipanta, C. (2002). Estudio e implementación de sistemas de protección contra descargas atmosféricas y puesta a Tierra de protección. *Tesis de grado. Escuela Politécnica del Ejército*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4403/1/T-ESPEL-0080.pdf>
tesis. (s.f.).

UNE21.186. (1996). "Protección de estructuhras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositikvo de cebado". Norma Española. Editorial: AENOR. Madrid, España. Obtenido de <http://www.pararrayosupresores.com.mx/pdf/normatividad/norma-une-21186.pdf>

Valverde. (2010). *Determinación de la localización y la selección*. Obtenido de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_022.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Preguntas de entrevistas

- ¿Cree usted que los pararrayos que se encuentran implementados en los Sitios críticos cubren en su totalidad el campus universitario?
- ¿Están, aulas, laboratorios y oficinas del campus UCSG preparada para consecuencias (sobretensiones) por descargas atmosféricas?
- ¿Qué tipo de pararrayos considera que se deben implementarse en los sitios del campus no protegido?
- ¿Cuáles son las medidas de seguridad que deben tomar las personas de la UCSG durante una descargas atmosféricas.

Anexo 2. Link de entrevistas subidas a la plataforma.

<https://youtu.be/v5kZHSKqFhE>

<https://youtu.be/kRuaWUcWv8M>

<https://youtu.be/99-jcHWKtms>

<https://youtu.be/-E8uJpkBtxs>

Anexo 3. Solicitud aprobada para entrega planos de las ubicaciones de los pararrayos existentes y permiso para realizar la visita de campo a los pararrayos existentes.

DFTC-293-2017

Guayaquil, julio 26 del 2017

Magister Pedro Martillo López, Eco. Administrador de la Universidad
En su despacho.-

De mis consideraciones:

Por medio de la presente informo a usted que el señor Anibal Chica Tambaco estudiante de la Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica se encuentra realizando un Proyecto de Trabajo de Titulación denominado **Estudio de Riesgo de impacto de descargas atmosféricas en los sitios estratégicos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, por lo que solicito autorice la entrega de los Planos de las ubicaciones de los Pararrayos existentes en la Universidad

Me anticipo en agradecer su aprobación, reiterándole mis sentimientos de respeto y consideración. 26 JUL 2017

Atentamente,

[Firma]
Ing. Manuel Romero Paz, MSc. DECANO

PARA: *Comis. de adm.*
ASUNTO: *Manejo*
FECHA: *27-07-2017*

FIRMA

RECIBIDO
26 JUL 2017
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA
16 H/O
27 JUL 2017

DIRECTOR ADMINISTRACION
[Firma]
ASUNTO: *Segun despacho de*

DECAN PEDRO MARTILLO L.
DIRECTOR ADMINISTRATIVO (C)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo
DECANO
manuel.romero@unsc.edu.ec

COMPROMISO DE 1000HS

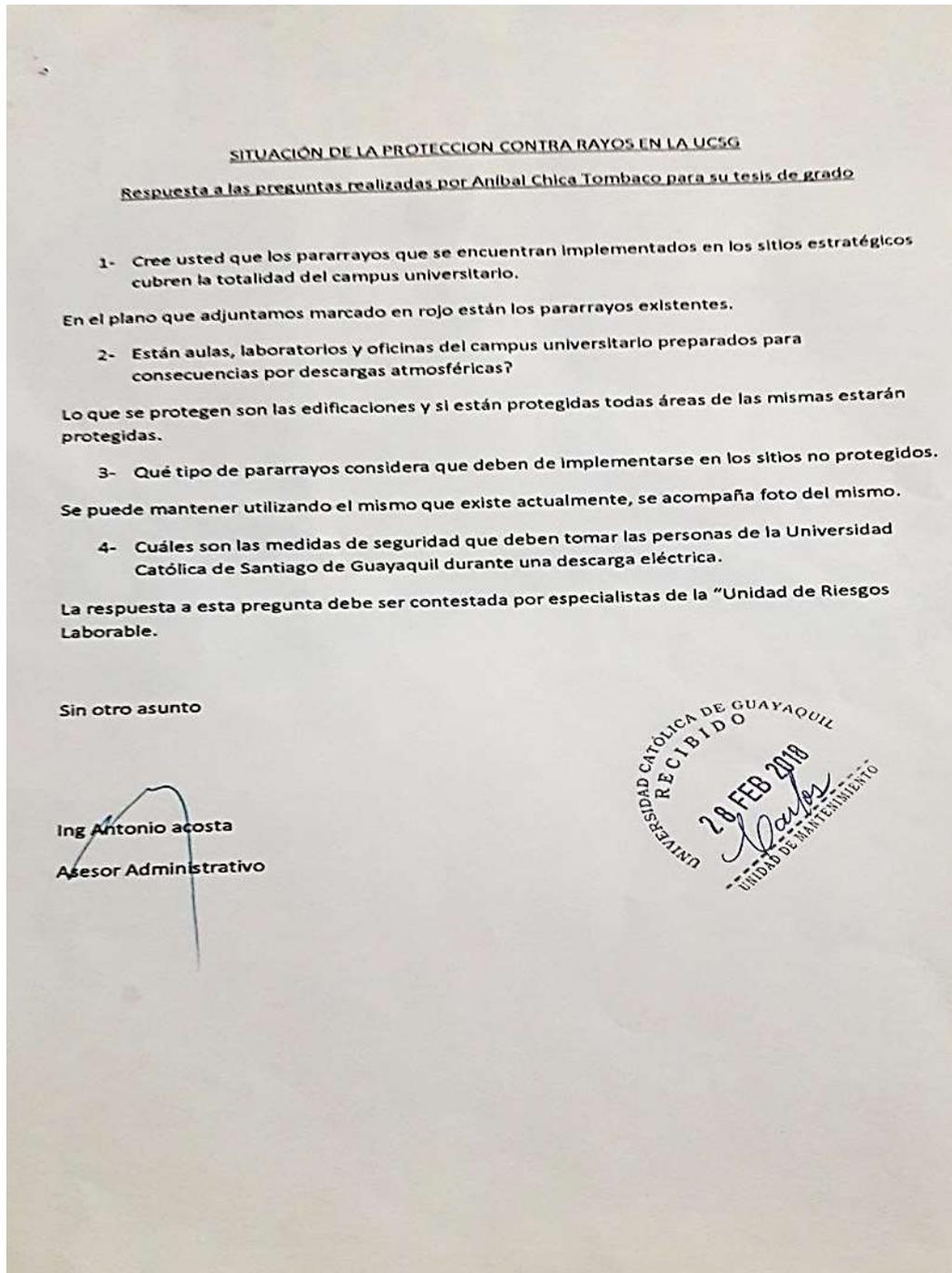
FACULTAD ETD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

COMPañIA ISO 9001 CERTIFICADA
Certificado No CQR-1489

Anexo 5. Tipo pararrayo existente dado por área de mantenimiento.



Anexo 6. Informe de preguntas formuladas y contestadas por área Mantenimiento.



Anexo 7. Visita de campo pararrayo existentes edificio Empresariales.



Anexo 8. Póliza de seguro de los estudiantes de la UCSG en caso de muerte por rayo otorgado por la aseguradora.

Estimado Estudiante:

Un cordial saludo, Por medio de la presente, informo las coberturas de la póliza ACCIDENTES PERSONALES O NATURALES de los alumnos de la UNIVERSIDAD CATÓLICA, mismo que se encuentran amparados bajo la póliza # 8330 de SWEADEN (vigencia: 31-mayo-2018 hasta 31-mayo-2019), a continuación detallo las coberturas y exclusiones:

COBERTURA POR ACCIDENTE \$ 3000

DEDUCIBLE \$ 15

Los Asegurados pueden utilizar el crédito ambulatorio una vez ocurrido el accidente hasta máximo 48 horas, caso contrario podrá utilizar la cobertura mediante REEMBOLSO; deberá darle mis contactos o a su vez comunicarme para poder dar el servicio oportuno durante las 24 horas incluyendo los feriados.

También pueden aplicar la cobertura bajo reembolso, por lo que deberá reportar el ACCIDENTE durante los 20 días posteriores.

COBERTURA POR BECA ESTUDIANTIL \$ 8000

Se otorga cuando el padre, madre o representante legal, falleciera por causa de accidente y se indemniza de acuerdo a las facturas de las pensiones que se vayan presentando, misma que deben estar emitidas luego de la fecha de fallecimiento.

MUERTE ACCIDENTAL \$ 8000 (Padre 50% y Madre 50% de la cobertura).

Se cubre la muerte del Alumno cuando las lesiones sufridas en un accidente fueren causa única y directa de un hecho exterior.

GASTOS DE SEPELIO \$ 500

Está cobertura solo aplica, cuando el Alumno fallece, y los familiares deberán presentar los respectivos soporte de pago.

REQUISITOS PARA REEMBOLSO DE LOS GASTOS MÉDICOS

Para proceder con los trámites de reembolso por gastos médicos, se necesita los siguientes requisitos:

- Aviso de Siniestro (se adjunta, FIRMA EL ASEGURADO)
- Informe Médico (se adjunta, FIRMAR Y SELLAR POR EL MEDICO TRATANTE)
- Copia de cédula del beneficiario.
- Facturas de la clínica y/o hospital originales.
- Facturas de Farmacias por medicamentos con sus respectivas copias de recetas.

- Facturas de Honorarios médicos originales en caso que se hayan generado, FAVOR PONER NOMBRE DEL PACIENTE.
- Facturas de los exámenes realizados.
- Resultados de los exámenes de laboratorio en caso que se hayan generado.
- Facturas por Radiografías con su respectivo ORDEN Y RESULTADO.

NOTA:

En caso de factura electrónica RIDE.

Ø Se cubrirá hasta el límite máximo del que el asegurado dispone para resarcirse de los gastos razonables y acostumbrados que su accidente demande.

Ø No se reembolsa implementos descartables, ya que no forma parte de la curación Ejemplo: (gasas, jeringas, vitaminas, muletas, etc.)

Ø La cobertura es solo por ACCIDENTE, más no por enfermedad.

Glosario

Campo electrostático: Un campo estático de energía eléctrica.

Canal del Rayo: El irregular camino a través de la atmósfera a lo largo del cual ocurre una descarga eléctrica atmosférica. El canal del rayo se establece al empezar una descarga eléctrica por el crecimiento de un paso líder, el cual busca un camino de menor resistencia entre la fuente de la carga eléctrica y la tierra o entre dos centros de carga de polaridad opuesta a la de la nube de tormenta o entre el centro de carga de la nube y el aire que le rodea o entre los centros de carga de las nubes adyacentes.

Captor ó pararrayos (terminal aéreo): Parte del sistema de protección contra rayos destinada a interceptar los rayos.

Carga eléctrica: Es una propiedad de la materia que se manifiesta por la pérdida o ganancia de electrones.

Carga inducida a tierra: Cuando una tormenta con nubes cargadas eléctricamente (ver separación de carga) se mueve sobre un área, induce una intensa carga eléctrica similar, de polaridad opuesta sobre la superficie de la tierra debajo. A medida que la tormenta madura, se intensifica la magnitud de la carga inducida a tierra.

Descarga de rayo negativa: Una descarga de nube a tierra la cual empieza en una región negativa de la nube y efectivamente baja algunas decenas de Columbus de carga eléctrica negativa a la tierra. Más del 90% de los rayos de nube a tierra son de este tipo.

Descarga de rayo positivo: Una rara descarga de nube a tierra la cual comienza en una región positiva de la nube (desde una de las pequeñas regiones localizadas o una gran región invertida) y termina temporalmente inducida en un área negativa debajo de la tierra.

Descarga eléctrica atmosférica: Es la transferencia de cargas eléctricas entre nube y nube, y nube a tierra.

Punto de impacto: Punto del terreno, estructura o sistema de protección contra rayos en el que el rayo incide.

Rayo a tierra (rayo): Descarga eléctrica de origen atmosférico entre una nube y tierra, que puede comprender más de un impulso de transferencia de carga.

Rayo de nube a tierra: Un rayo ocurriendo entre un centro de carga en la nube y la tierra. Partiendo de estadísticas anuales, la carga negativa que es descargada a tierra es por medio de cerca del 95% de los rayos, y el 5% restante son rayos de carga positiva que son descargados a tierra. Este tipo de rayos, los cuales pueden ser comparados con un rayo entre nubes o con un rayo entre nube y nube, consiste de uno o más rayos de retorno. El primer rayo de retorno empieza con un “paso líder” seguido de un intenso rayo de retorno el cual es la principal fuente de luminosidad y transferencia de carga. La mayoría de los rayos de retorno siguen el mismo canal a tierra. El intervalo de tiempo entre uno y otros rayos de retorno es normalmente de 40 milisegundos.

Riesgos: Es la vulnerabilidad ante un perjuicio o daño para las unidades, personas, organizaciones o entidades laborales. Se puede asumir que cuanto mayor es la vulnerabilidad mayor es el riesgo.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Chica Tambaco, Anibal Javier** con C.C: # 080346584-8 autor del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS Y ESTUDIO PARA MINIMIZAR EL RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS Y DETERMINACIÓN DE SITIOS DESPROTEGIDOS EN CAMPUS UCSG**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2018

f. _____

Nombre: Chica Tambaco, Anibal Javier

C.C: 080346584-8

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG.		
AUTOR(ES)	CHICA TAMBACO, ANIBAL JAVIER		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Juan Carlos López		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico-mecánico		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico-mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Septiembre del 2018	No. DE PÁGINAS:	100
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistema puesta tierra, Sistema contra descargas atmosféricas.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Descarga atmosférica, isocerámico, ionizante, carga eléctrica, voltaje, mitigación, fenómenos.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT: La descarga atmosférica es uno de los primeros fenómenos eléctricos que El hombre pudo presenciar y que ha sido objeto de estudio hasta la actualidad. La zona de influencia cuando no hay protecciones eficaces los accidentes puede que cuesten miles de dólares. El grado de la energía radiada, los efectos electromagnéticos del rayo y su energía, pueden impactar eléctricamente una expansión superior a 1.000 metros, formado estos fenómenos atmosféricos del rayo produce un alto riesgo de electrocución, daños de estructuras, incendio o impacto a personas.</p> <p>Se puede observar el peligro asociado frente a descargas atmosféricas, provocado por fenómenos cáustico de impacto sea este directo o indirecto, por lo tanto, se justifica la importancia de un estudio explícito de las necesidades de protección frente un impacto directo de descarga atmosférica. Una encuesta ejecutada en el 2014 por el Grupo de Electricidad Atmosférica, del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, determinó que la caída de rayos provocó la muerte a 1,7 personas por cada millón de habitantes en América Latina. Ese informe ubica a Ecuador en el décimo puesto entre los de mayor incidencia de decesos, con 0,3 muertes por cada millón de personas. (Ronald Soria, 2017)</p> <p>Para proteger los edificios de los rayos, se instalan barras metálicas (llamadas pararrayos) con una longitud promedio de 6 metros en la parte superior de la edificación. Estos elementos proporcionan una ruta de resistencia mínima a los estímulos eléctricos que afectarían a la edificación y más propiamente su estructura. Las líneas de electricidad y las antenas de radio se protegen con dispositivos o captadores de rayos que consisten en una pequeña separación llena de aire entre la línea y un cable unido al suelo. Esta separación ofrece una gran resistencia a tensiones ordinarias, pero un rayo con un potencial que puede llegar a un Gigavatio (mil millones de vatios), que provoca la ionización del gas, donde se crea una vía de baja resistencia hacia la tierra para la descarga. Es trascendente manifestar que un sistema para proteger estos elementos de descargas atmosférica no están diseñados para suprimir la formación de estos, debemos de establecer que aun en presencia de estos mecanismos no se puede dar una garantía total, tanto en bienes materiales como en vidas humanas, pero si brinda una enorme probabilidad de protección y seguridad.</p> <p>En el siguiente análisis del sistema contra descargas atmosféricas se procede a determinar el riesgo según la ubicación, el nivel Isocerámico, el radio de protección que brinde el pararrayo que se piensa elegir, lo cual la opción de si es favorable o no la instalación ya que también cabe recalcar el costo beneficio que genere la medida de prevención adoptada o si se podría prescindir de ella.</p> <p>En la ciudad de Guayaquil el nivel Isocerámico es evidente considerando los cambios climáticos propagándose cada vez más con el pasar de los años siendo así impredecibles sea esta por causas de contaminación y demás factores, a la vez rigiéndose a las normativas de protección para descargas estáticas (pararrayo), donde podemos concluir que el sistema contra descargas atmosféricas en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil es necesario, motivo por la cual se realizara el siguiente análisis.</p> <p>En Marzo del año pasado, una descarga atmosférica impacto sobre el aula magna, estos fenómeno son impredecibles ya que nunca sucedía en la zona y no se descarta un próximo evento de este tipo. El daño y la variación del clima son a nivel mundial, hoy en día se debe tomar prevenciones indicadas para evitar fenómenos de todo tipo. El presente proyecto propone un estudio profesional y responsable contra descargas atmosféricas.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593969624265	E-mail: anibal_chica@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			