

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA DE ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA

“ESTUDIO DEL SISTEMA CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICAS DE LAS
ÁREAS CRÍTICAS REQUERIDAS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

AUTOR

ALAVA VARGAS, ÁNGEL RAMÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL

TUTOR:

Ing. PEDRO GALO TUTIVEN LOPEZ

GUAYAQUIL, ECUADOR

2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Sr. Angel Ramon Alava Vargas, como requerimiento parcial para la obtención del Título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO.

DOCENTE TUTOR:

ING. PEDRO GALO TUTIVEN LOPEZ

DOCENTE Oponente:

ING. BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR

DIRECTOR DE CARRERA:

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ

Guayaquil, a los 3 días del mes de Octubre del año 2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, ANGEL RAMON ALAVA VARGAS

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación "Estudio del sistema contra descargas atmosféricas de las áreas críticas requeridas en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil" previa a la obtención del Título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 29 días del mes de agosto del año 2014

EL AUTOR

Angel Ramon Alava Vargas

C.C.: 0923388433



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

AUTORIZACIÓN

Yo, ANGEL RAMON ALAVA VARGAS

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación " Estudio del sistema contra descargas atmosféricas de las áreas críticas requeridas en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 29 días del mes de agosto del año 2014

EL AUTOR

Angel Ramon Alava Vargas

C.C.: 0923388433

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a Dios en primer lugar, por bendecirme día a día y brindarme la fuerza y capacidad para poder culminar mi carrera universitaria. Así mismo a mis padres, ya que sin sus sabios consejos y direcciones este logro tan importante en mi vida no hubiera sido posible.

Agradezco a mi tutor de tesis el Ing. Pedro Tutiven, y a todos los docentes de la Facultad Técnica ya que con sus conocimientos, guía y motivación hicieron posible que pueda terminar mi etapa universitaria con éxito.

Finalmente, pero no menos importante, doy las gracias a mis Jefes de trabajo, el Arq. Sergio Tenaglia e Ing. Antonio Franca, quienes me han motivado durante la realización de la presente tesis, ayudándome no solo con permisos, sino también poniendo a su disposición los recursos necesarios para culminar esta última etapa de mi pregrado.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien me ha guiado por el camino del bien y ha puesto en mi camino a las personas indicadas, permitiéndome llegar a esta etapa de vida tan importante como ha sido mi formación como Ing. Electromecánico.

A mis padres, y su constante ánimo y apoyo, ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mi compañera de vida Samantha ya que sin sus llamadas de atención y apoyo incondicional, no hubiera sido posible finalizar mi carrera universitaria.

Y finalmente a mis amigos, que con su granito de arena han hecho posible que mejore día a día.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CALIFICACIÓN

Ing. Pedro Tutiven Lopez

TUTOR

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACION	ii
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACION	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CALIFICACION	vii
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivos de la Investigación	3
1.3.1. Objetivos Generales	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Hipótesis	4
1.5. Tipos de Investigación	4
1.6. Diseño de Investigación	4
1.7. Población y Muestra	5
1.8. Recolección de Información	5
1.9. Procesamiento de los Datos y Análisis	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO	7
2.1. Marco Teórico	7
2.1.1 Rayo	7
2.1.2 Electricidad Atmosférica	8
2.1.3 Enfoque Técnico	10

2.1.4	Propiedades Atmosféricas.....	10
2.1.5	Propiedades microfísicas	11
2.1.6	Activación de núcleos de condensación.....	12
2.1.7	Sobreenframamiento y la nucleación del hielo	12
2.1.8	Atmosférica ionización y electrificación	13
2.1.9	Tormentas eléctricas	13
2.1.10	Causas de las tormentas eléctricas.....	14
2.1.11	Características de las tomerntas eléctricas	16
2.1.12	Relación entre la estabilidad y tormentas eléctricas.....	17
2.1.13	Pararrayos.....	18
2.1.13.1	Composición del Pararrayo.....	18
2.1.14	Clasificación del Pararrayo.....	19
2.1.15	Tipos de Pararrayos	20
2.1.16	Importancia de la utilización del pararrayos	22
2.1.17	Tecnología descargador de sobretensiones.....	24
2.1.18	Selección de Pararrayo	25
2.1.19	Descargador de voltaje.....	27
2.1.20	Estudio de la puesta en tierra.....	28
2.1.21	Resistividad del Suelo	28
2.1.22	Cono de Protección de un Pararrayo	29
2.1.23	Nivel ceraunico.....	30
2.1.24	Valores de tension descriptiva.....	30
2.1.25	Mantenimiento de Pararrayo	31
2.2.	Marco Conceptual.....	32
CAPITULO II: ANALISIS DE ESTUDIO DE PARARRAOS Y PUESTA EN TIERRA		34
3.1.	Presentación de Resultados.....	34
3.2.	Nivel isoceraunico en Guayaquil.....	44
3.3.	Estudio de Pararrayos	44
3.4.	Especificaciones de la línea de transmisión de pararrayos	46
3.5.	Ubicación de pararrayos.....	47
3.6.	Teoria de Operación	47
3.7.	Tipos de Pararrayos a utilizar para el proyecto	48

3.8. La puesta de tierra y resistividad del suelo.....	50
3.9. Ventajas y Desventajas de Pararrayo Ionizante	51
3.10. Levantamiento de Pararrayos Ionizantes	52
3.11. Selección de Areas Críticas.....	54
3.12. Altura y cono de Protección.....	54
3.13. Conexiones de Prueba	62
3.14. Procedimiento de Prueba	62
3.15. Resultados de Prueba	62
3.16. Instalación de Pararrayos	64
3.17. Presupuesto unitario del pararrayo ionizante.....	65
3.17.1 Lista de accesorios para la implemetacion del pararrayos.....	66
3.17.2 Resumen de cotizacion	67
Glosario de definiciones	68
Conclusiones y Recomendaciones.....	70
Bibliografía	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 –Referencias de un Rayo	7
Tabla No. 2 – Valores de tensión disrruptiva	31
Tabla No.3 – Posición de Pararrayos	35
Tabla No. 4 – Opinión sobre pararrayos implementados	36
Tabla No. 5 – Tiempos implementados	37
Tabla No. 6 –Opinión sobre la buena condición de los pararrayos	38
Tabla No. 7 –Importancia sobre la implementación y mantenimiento ...	39
Tabla No. 8 – Frecuencia de cambio y mantenimiento de pararrayos ...	40
Tabla No. 9 – Importancia de pararrayos para la seguridad	41
Tabla No. 10 – Opinión sobre revision en lugares críticos	43
Tabla No. 11 – Opinión sobre el proyecto de implementación	44
Tabla No. 12 –Estudio de Mitigación contra rayos	48
Tabla No. 13 – Tipo de malla a utilizar en la puesta a tierra	55
Tabla No. 14 – Ángulode protección	55
Tabla No. 15 – Presupuesto unitario por pararrayo	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 –Pararrayo Ionizante	21
Figura No. 2 – Pararrayo Desionizante	21
Figura No. 3 – Cono de Protección de un Pararrayo	29
Figura No. 4 –Posición de Pararrayos	36
Figura No. 5 – Opinión sobre pararrayos implementados	37
Figura No. 6 – Tiempos Implementados	38
Figura No. 7 – Opinión sobre la buena condición de los pararrayos.....	39
Figura No. 8 – Importancia sobre la implementación y mantenimiento.	40
Figura No. 9 – Frecuencia de cambio y mantenimiento de pararrayos..	41
Figura No. 10 – Importancia de pararrayos para la seguridad.....	42
Figura No. 11 – Opinión sobre una revision en lugares críticos	43
Figura No. 12 – Opinión sobre el proyecto de implementación	44
Figura No. 13 –Pararrayo Ionizante	51
Figura No. 14 –Levantamiento de Pararrayos Ionizantes.....	52
Figura No. 15 –Cono de pararrayos	54
Figura No. 16 –Facultad Tecnica	55
Figura No. 17 –Centro de Cómputo.....	56
Figura No. 18 –Edificio Principal	57
Figura No. 19 –Centro de idiomas	58
Figura No. 20 –Facultad de Ingeniería	59
Figura No. 21 –Facultad de Arquitectura	59
Figura No. 22 –Facultad de Filosofía.....	60
Figura No. 23 –Facultad de Medicina	61
Figura No. 24 –Facultad de Odontología	62



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

RESUMEN

El trabajo se enfocó en desarrollar un análisis de sistema contra descargas atmosféricas de las áreas críticas requeridas en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El presente estudio se divide en tres capítulos principales. En el primer capítulo se tratan los aspectos generales de la investigación, en la que se considera que debido a que el campus se encuentra ubicado en una zona alta de la Ciudad de Guayaquil, existe una mayor vulnerabilidad de que sea afectada por descargas eléctricas atmosféricas. Considerando que las sobretensiones pueden ser de origen atmosférica (rayo), de carácter impulsivo y con picos de tensión muy elevados que pueden causar graves daños en las zonas de impacto, si estas no se encuentran debidamente protegidas. Se determinó la aplicación de una metodología de investigación descriptiva, ya que se analizaron varios aspectos relevantes para el desarrollo de la propuesta, lo que permitió identificar la necesidad de la implementación de nuevos pararrayos y sustituir los existentes.

En el segundo capítulo se incluyeron teorías relacionadas con el tema en el marco teórico del estudio para proporcionar un mayor entendimiento del caso. El capítulo III presenta los resultados de la investigación realizada, tanto de las encuestas, zonas críticas, el análisis de los tipos de pararrayos y elección del modelo más óptimo para su implementación en el campus, así como el presupuesto requerido.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones del caso, así como la bibliografía utilizada.

Palabras claves: Rayo, electricidad atmosférica, tormentas eléctricas, cono de protección, nivel cerámico.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

ABSTRACT

The work focused on developing a systematic analysis against atmospheric discharges in critical areas required on the campus of the Catholic University of Santiago de Guayaquil. This investigation comprehends three principal chapters. In the first one, the general aspects of the investigation are exposed, considering that due to the fact that the campus is located in a high area of the city of Guayaquil, there is a greater vulnerability that it is affected by atmospheric electric shocks. Considering that the surges can be of atmospheric origin (lightning), of an impulsive character and with peaks of very high voltage can cause serious damage in the areas of impact, if they are not adequately protected. With the application of a descriptive research methodology, various relevant aspects to the development of the proposal were analyzed, which allowed us to identify the need for the implementation of new lightning protection systems and replace existing ones.

Chapter two included theories related to the topic in the theoretical framework of the work to provide a greater understanding of the case. In chapter III the results of the investigation are presented, the ones from the interviews, determined critical areas, analysis of the types of lightning protection systems and the selection of the most appropriate model for its implementation at campus as well as the required budget.

Finally, the conclusions and recommendations are exposed, as well as the referred bibliography.

Key Words: Ray, atmospheric electricity, electrical storms, cone of protection level ceraunico.

CAPITULO I:ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

Los rayos se originan por la transferencia súbita de la carga eléctrica acumulada en la nube a otra nube o a tierra. A esta transferencia también se la conoce como descargas atmosféricas, y son consideradas un fenómeno natural de grandes magnitudes y enorme potencial eléctrico, generando consecuencias asociadas al impacto de las mismas, ya sea para las instalaciones eléctricas en casi todas las industrias como para las personas que laboran allí.

Las descargas atmosféricas se presentan a lo largo de todo el planeta, con distintas frecuencias dependiendo de la zona geográfica. Se han llegado a contabilizar hasta ocho millones de descargas atmosféricas en un día en todo el planeta, con intensidades del rango de 30 hasta 300 kiloamperios en sólo millonésimas de segundo, abarcando grandes longitudes y alcanzando valores de hasta 20 billones de vatios de potencial con temperaturas de 30.000°C.

Los efectos de un rayo pueden originarse por impactos tanto directos como indirectos y propagarse por contacto directo o inducción. Los rayos pueden llegar a afectar las instalaciones interiores de cualquier edificación o estructura; mientras la electricidad se transporta a través de las líneas de conexión del suministro de energía eléctrica, o por las líneas de conexión de diversos artefactos electrónicos tales como teléfonos, modems, televisión, entre otros.

A pesar de que el impacto directo de un rayo resulta en daños para las personas, edificaciones, y animales; las consecuencias que son resultado de un impacto indirecto, como la caída de rayos sobre los tendidos aéreos, son mucho mayores y comúnmente incluyen grandes pérdidas económicas.

Los rayos causan en todo el mundo daños valorados en miles de millones de dólares en la industria, y son los responsables de numerosas muertes. El litoral ecuatoriano, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), es una zona de convergencia intertropical donde se presentan grandes nubes cargadas de mucha energía, y que en la época de invierno trae consigo fuertes precipitaciones y tormentas eléctricas. Es así que en el mes de Mayo del 2014, Guayaquil sufrió una de las peores tormentas eléctrica en muchos años, dejando a cuatro personas fallecidas, daños en al menos ocho viviendas, inundaciones, el cierre temporal del aeropuerto y la suspensión de clases en dos zonas de la ciudad portuaria de Guayaquil. (Diario El Universo, 2014).

Es evidente el peligro asociado al fenómeno de las tormentas eléctricas, debido a los efectos destructivos del impacto, ya sea directo o indirecto; por lo cual es imperativo un estudio de las necesidades de protección del impacto directo del rayo, y la efectividad del actual sistema implementado en el campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Un adecuado sistema contra descargas atmosféricas busca controlar el paso de la corriente de las descargas eléctricas, para de esta manera evitar lesiones a las personas y la posible pérdida económica que resulte de los daños que pudieran originarse en la propiedad. Este sistema preventivo intercepta la trayectoria del rayo y lo transporta a lo largo de un conductor de baja resistencia, el cual evita la generación de niveles de voltajes altos que se pudieran originar durante dicha descarga atmosférica. Es importante tomar en cuenta que un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas no puede impedir la formación de rayos, y que el mismo no garantiza en forma absoluta la protección de la vida, bienes y estructura, pero si, reducirá en forma significativa el riesgo de los daños producidos por el rayo.

1.2 Formulación del problema

La Universidad Católica Santiago de Guayaquil, ubicada en la Av. Carlos Julio Arosemena Km. 1 1/2 vía Daule, es una institución de educación superior fue creada el 17 de mayo de 1962. En la actualidad cuenta con un sistema contra descargas atmosféricas, cuya ubicación y características serán detallados y analizados en capítulos posteriores.

El no contar con un sistema contra descargas atmosféricas, o contar con un sistema que no protege la totalidad de las áreas críticas, puede traer consigo grandes riesgos para los trabajadores, alumnos y edificaciones de la UCSG. Por esta razón, este estudio va encaminado a proponer mejoras y brindar mayor confiabilidad tanto a los equipos, y a las personas que trabajan y estudian en el campus con un sistema que priorice la seguridad, prevención y protección de las instalaciones; definiendo la totalidad de las áreas críticas que requieran de un sistema contra descargas atmosféricas.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Analizar la vulnerabilidad a impactos de las descargas atmosféricas de las instalaciones eléctricas del campus de la UCSG, con el fin de establecer diseños para la protección de sus edificaciones, previniendo los riesgos inherentes.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar los diferentes tipos de riesgos que involucra una descarga atmosférica.
2. Determinar las áreas críticas del campus de la UCSG.
3. Definir el nivel de protección requerido para cada área crítica.
4. Establecer el costo de implementación del sistema contra descargas atmosféricas seleccionado.

5. Definir las normativas para la aplicación de protecciones contra descargas atmosféricas.

1.4 Hipótesis

El actual Sistema de Protección de Descargas Atmosféricas implementado en el campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil no considera la totalidad de las áreas críticas del mismo, aumentando el riesgo de daños humanos y en instalaciones del mismo en épocas de tormentas eléctricas; por lo que es necesario el análisis de las áreas críticas, del sistema actual y proponer un plan de implementación que sea adecuado para las necesidades del campus.

1.5 Tipo de investigación

De acuerdo a lo que menciona Perelló(2011, pág. 76):

Investigación descriptiva: a través de este tipo de investigación podremos describir las características básicas del objeto o fenómeno de estudio. En consecuencia, nos permitirá dar respuesta a cuestiones relativas a las características del fenómeno, propiedades, lugar donde se produce, composición, cantidad, configuración, etc.

Se determina para el presente trabajo un tipo de investigación descriptiva, ya que implica obtener información referente a la necesidad de implementar un sistema contra descargas atmosféricas de las áreas críticas requeridas en el campus de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; para lo cual es preciso determinar los requerimientos en cuanto a tipos de pararrayos y mecanismos necesarios para su implementación, de manera que se pueda establecer una propuesta en base a las necesidades del campus.

1.6 Diseño de la investigación

(Rojas, 2008, pág. 156):

Es la que se planea, organiza y dirige para captar información de la realidad empírica que se estudia. Se utilizan diversas técnicas

de recolección de datos, según sean las características del objeto de estudio, las hipótesis y objetivos y la disponibilidad de tiempo, personal y de recursos económicos y materiales.

En base a lo establecido por Rojas, se establece un diseño de investigación de campo, ya que la recolección de los datos se realizará de manera directa en el lugar de estudio, es decir en el campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, lo cual le permitirá al investigador obtener información acerca de la realidad que se desarrolla con respecto al riesgo de descargas atmosféricas y las medidas que actualmente se han aplicado para contrarrestar este riesgo existente.

1.7 Población y Muestra

La técnica de investigación empleada será la encuesta previamente elaborada, utilizando un cuestionario definido. La encuesta será elaborada en base a un conjunto de preguntas cerradas con el objetivo de obtener información más precisa en cuanto al sistema contra descargas actual, posibles estudios en relación a la eficacia del sistema, así como estudios adicionales que se hayan realizado o considerado en relación a la mejora del mismo. Estas encuestas serán realizadas a un total de 12 docentes especializados en Ingeniería Electromecánica o carreras afines que brinden servicios para la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Por otro lado, se incluirá una entrevista con los representantes de la compañía BIENALCORP como parte de los instrumentos de investigación, la cual será realizada en base a un guión previamente elaborado, que permita tener un esquema abierto sobre los temas a tratar en relación a la implementación del Sistema Contra Descargas Atmosféricas en la UCSG.

1.8 Recolección de la información

Las técnicas de investigación previamente expuestas requieren que la recolección de la información se realice de manera presencial, es decir, se llevarán a cabo cara a cara in situ, dentro de las instalaciones del campo.

Tanto las encuestas como las entrevistas se realizarán personalmente.

1.9 Procesamiento de los datos y análisis

Posterior a la recolección de información, se procederá con el procesamiento de la misma. Esto significará la tabulación de la totalidad de las encuestas realizadas, de tal manera que el proceso facilite la interpretación de los resultados y su posterior análisis.

Para este efecto, se utilizará la herramienta de Excel, la cual permitirá la elaboración de gráficos que contribuyan a una mejor visualización de los resultados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Rayo

El rayo es una descarga eléctrica causada por una saturación en las cargas electrostáticas y acumuladas progresivamente durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta. Durante la descarga del rayo se genera inducciones y acoplamientos en líneas de transporte eléctrico y de comunicaciones, todos los equipos electrónicos sensibles que se encuentre dentro de un radio de acción de 120 metros pueden estar afectados por una sobre tensión inducida. La descarga se desplazará entre las regiones con carga eléctrica dentro de una nube de tormenta, o entre una nube y una nube, o entre una nube y la superficie de un planeta. Las regiones cargadas en la atmósfera igualan temporalmente a sí mismos a través de un rayo, comúnmente conocida como una huelga si golpea un objeto en el suelo.

Hay tres tipos principales de rayos; desde una nube a sí mismo (intra-nube o IN); de una nube a otra nube, y entre una nube y la tierra. Aunque el rayo siempre está acompañado por el sonido de los truenos, y relámpagos lejanos, se puede ver.

Se puede detallar una de las principales referencias de un rayo:

Tabla No. 1 – Referencias de un Rayo

Voltaje entre nube y un objeto a tierra	0V a 1.000kV.
Intensidades de descarga	5 a 320 KA
Frecuencia	1 K Hz a 1 M Hz.
Tiempo de exposicion	10 μ s a 100 ms.
Temperatura alcanzable	27.000 °C

Fuente: Autor

Los rayos ocurren principalmente cuando el aire caliente se mezcla con las masas de aire más frías, lo que resulta en alteraciones atmosféricas que polarizan la atmosfera, sin embargo, también puede ocurrir durante las tormentas de polvo, los incendios forestales, tornados, erupciones volcánicas, e incluso en el frío del invierno, donde el rayo se conoce como rayo de nieve. Los huracanes suelen generar algunos rayos, principalmente en las bandas de lluvia tanto como 160 kilómetros (99 millas) del centro.

2.1.2 Electricidad atmosférica

Según lo menciona Alcalde (2010), “La electricidad atmosférica es la primera forma de electricidad que se conoce. Esta forma de producir electricidad no es de utilidad, en ningun caso, y más bien trae desgracias que otra cosa”. (Pág. 7)

El sistema eléctrico de la atmósfera terrestre cubre una gama de escalas dimensionales de grupos moleculares, las cuales se encuentran cargadas a sistemas de nubes convectivas. 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. En algunas regiones fluyen corrientes iónicas verticales, lo que les permite renovar el aire con iones moleculares de baja por otra, la recombinación o los procesos de nucleación.

Los procesos eléctricos en el aire atmosférico surgen del efecto combinado de la ionización natural y los campos eléctricos naturales generados indirectamente por la separación de cargas en las nubes de tormenta. En regiones de tormenta, los procesos eléctricos no generarán los grandes campos eléctricos de degradación asociados con los rayos, pero las partículas de aerosol microscópicas adquieren cargos por difusión de los iones moleculares de racimoformado a partir de una ionización.

En este panorama, el efecto de pequeñas cargas en partículas de aerosol y las gotas son consideradas como la carga que se debe a la radiólisis del aire por los rayos cósmicos y la radiactividad natural. El sistema eléctrico atmosférico se puede simplificar en un circuito eléctrico en el que las tormentas eléctricas son separadas en regiones convectivas. La carga de separación conduce a una diferencia de potencial entre las regiones conductoras de la atmósfera superior y la superficie, lo que provoca una corriente de fuga iónica que fluye verticalmente.

Los procesos de intercambio de carga dentro de las nubes de tormenta son complicadas y son probablemente el resultado de la interacción entre el aumento de los cristales de hielo y el aumento de desescarchado granizo suave en las nubes. La magnitud exacta y la polaridad está fuertemente influenciado por el contenido, el agua líquida y la temperatura.

Es bien sabido que las grandes cantidades de energía eléctrica están presentes en la atmósfera y en los rayos. Considerando que el rayo fue una de las primeras formas de electricidad en la edad moderna por Benjamin Franklin en su famoso experimento de la cometa. Franklin desarrolló un número de motores electrostáticos, así como el conductor de la luz para la protección de edificios. Una descarga de rayo contiene del orden de 10^{10} julios de energía. En varios estudios se han propuesto varias ideas y conceptos para la recogida de un rayo como una fuente de poder. Se ha estimado que el total de energía eléctrica de un rayo a través de la tierra es del orden de 10^{12} vatios.

El rayo es sino una pequeña parte de la actividad eléctrica total de la atmósfera. 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. Sin embargo, hay un flujo continuo invisible de carga de la ionosfera a tierra que se producen de día y de noche sobre toda la superficie del globo terrestre, que muchas veces excede la producción mundial de energía del rayo.

2.1.3 Enfoque técnico

La esencia de la captura de la electricidad atmosférica es utilizar el gradiente de potencial electrostático natural de la tierra para cargar eléctricamente un banco de condensadores o de operar una máquina de conversión electrostática paramétrica. La electricidad se retira entonces de los condensadores por la carga según se requiera. Alternativamente, el dispositivo de conversión paramétrica convierte la electricidad atmosférica estática en corriente alterna convencional.

El gradiente de potencial electrostático entre la tierra y la ionosfera se trata a 100Vm^{-1} cerca de la superficie en el verano, llegando a 300Vm^{-1} en invierno. Es bien sabido que los motores electrostáticos pueden ser accionados por el campo eléctrico atmosférico indefinidamente de una conexión de antena y la tierra apropiada. Para convertir este campo potencial estático en electricidad utilizable, una antena o el colector se eleva a una altura adecuada, donde la carga estática recogida se utiliza a continuación para cargar un banco de condensador o impulsar un generador paramétrico electrostático que convierte la carga estática en corriente alterna.

La antena o colector de diseño óptimo es esencial, puesto que la antena puede ser considerada para operar en el mismo principio que el generador de Van de Graaf. En lugar de la carga se transporta de forma continua a partir de un generador por un cinturón a la terminal, donde la carga se transporta desde la tierra a la terminal por una conexión física. El terminal entonces se recarga de la misma manera como un generador VDG.

2.1.4 Propiedades atmosféricas

La tropósfera (atmósfera inferior) muestra las variaciones en la temperatura y el contenido de agua, donde una partición de la concentración de agua entre las formas líquidas, sólidas o de vapor es crucial para la formación y distribución de las nubes. La presencia de nubes bajas (que pueden ser observadas desde la superficie) es evidente por el fuerte aumento de la humedad relativa, lo cual genera una inversión ligera de temperatura

asociada con la parte superior de la capa límite planetaria, consecuentemente la temperatura deja de caer con la altura, en la tropopausa. Es claro que hay una variabilidad considerable en la humedad relativa durante el ascenso, y en la región donde la nube fue identificada ópticamente.

2.1.5 Propiedades microfísicas

Además de la variabilidad en la temperatura y la humedad, hay una considerable variedad en los tamaños y la abundancia de partículas de aerosol y gotas de las nubes presentes en la atmósfera. La típica clúster molecular que comprende una pequeña parte de iones atmosféricos tendrá un diámetro de menos de un nanómetro. La concentración de vapor de agua en el aire se puede determinar por su presión parcial gaseosa, por lo que cualquier temperatura dada tiene un valor máximo asociado a la presión parcial debido al agua de vapor, y la saturación de la presión de vapor.

El aire que contiene vapor de agua suficiente para generar la presión de vapor se satura, con una humedad relativa del 100%, ligeramente mayor en relación de humedades (sobresaturaciones), esto puede ocurrir en regiones localizadas, pero nunca es mayor que unos pocos por ciento, debido a la abundancia de partículas de aerosol en la que el agua puede condensarse.

Los diferentes tipos de partículas de aerosol son capaces de actuar como núcleos de condensación. Por debajo de 0 °C, sin embargo, las gotas de agua líquida pueden persistir sin congelación, aunque el 0 °C es la temperatura a la que el hielo se derrite. Cualquier gota de agua líquida con una temperatura por debajo de 0 °C se sobreenfría, en un estado termodinámicamente inestable en el que la congelación se puede iniciar fácilmente por nucleación heterogénea o nucleación homogénea. En la nucleación heterogénea, el agua se congela superenfriada como resultado de la presencia de un núcleo de hielo adecuado. La nucleación homogénea se produce si se continúa el enfriamiento más allá, y toda el agua-enfriada en

nubes atmosféricas vuelve hielo a temperaturas más frías que $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ por este proceso.

2.1.6 Activación de núcleos de condensación

En la troposfera, las sobresaturaciones nunca son mayores que un pequeño porcentaje. La condensación es la consecuencia directa sobre los iones, lo que permite la visualización de las trazas de partículas en un Cámara Cloud (S 4), no puede ocurrir en la atmósfera inferior. La condensación en partículas de aerosol, que son más grandes, no se produce, sin embargo, el tamaño mínimo de partícula necesario depende del grado de sobresaturación. Todas las partículas de aerosol son, por tanto, potencialmente capaces de actuar como núcleos de condensación (NC), si la sobresaturación es suficientemente grande, pero es el subconjunto de partículas capaz de producir condensación en sobresaturaciones atmosféricas que son de interés en la física de las nubes. Estos núcleos de condensación se conocen como la nube Núcleos de Condensación (CCN).

2.1.7 Sobreenfriamiento y la nucleación del hielo

Las gotas de engelamiento son comunes en condiciones atmosféricas, y el resultado de gotas de agua de refrigeración en ausencia de núcleos de hielo adecuados (EN) para permitir la nucleación de hielo heterogénea. En las temperaturas más frías que $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ todas las gotas superenfriadas comienzan a congelarse por nucleación homogénea.

Sólo muy pocas partículas de aerosol atmosféricas pueden actuar como EN, típicamente menos de 1%, aunque la fracción exacta aumenta a medida que las gotas se vuelven más frías. La capacidad de una partícula para actuar como un núcleo de hielo depende de una variedad de propiedades físicas, incluyendo su forma, solubilidad, estructura cristalina y su historia en el procesamiento de la nube. A temperaturas más cálidas (-6 a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) se produce la multiplicación de hielo por la producción mecánica de astillas de hielo en la congelación, la generación de fragmentos de hielo adicionales que también son capaces de actuar.

2.1.8 Atmosférica ionización y electrificación

Existen tres fuentes principales de partículas de alta energía que causan radiolysis: Radónisótopos, rayos cósmicos y la radiación gamma terrestre. La partición entre las fuentes varíaverticalmente. Cerca de la superficie, la ionización del transporte turbulento de radón y otros materiales radiactivosisótopos es importante, junto con la radiación gamma de isótopos debajo de la superficie. La ionización de los rayos cósmicos está siempre presente, tanto que comprende aproximadamente el 20% de la ionización en la superficie. La fracción cósmica aumenta con el aumento de altura en la atmósfera y domina por encima de la capa límite planetaria.

Las colisiones entre los iones y los aerosoles atmosféricos conducen a cobrar de intercambio y la electrificación del aerosol, donde la asimetría de iones se asegura de que las colisiones no conduzcan a una carga mediade cero. Los campos eléctricos locales pueden provocar más asimetrías, por el agotamiento de una concentración de signo de iones, y por consiguiente la electrificación sustancial de aerosol pueden ocurrir en tales regiones.

2.1.9 Tormentas eléctricas

“Las tormentas electricas empiezan a formarse con aire caliente. Este aire esta lleno de agua. No es agua líquida, sino un gas llamado vapor de agua, que no se puede ver” Mezzanotte,(2011)

Las tormentas eléctricas son tormentas locales acompañadas de relámpagos y truenos y una variedad de fenómenos meteorológicos, tales como fuertes lluvias, granizo o - en invierno - nieve, vientos fuertes y cambios bruscos de temperatura. Tormentas originan cuando de fuerte calentamiento causa una masa de aire húmedo a elevarse desde la superficie de la tierra en los niveles superiores de la atmósfera, un proceso llamado convección . Las tormentas eléctricas son, por tanto, también conocidos como tormentas convectivas.

En un momento dado, se estima que hay 2000 tormentas eléctricas en curso en todo el mundo. Ocurren con mayor frecuencia en los trópicos, pero también son comunes en las latitudes medias.

Debido a que es muy turbulento en el interior de una nube cumulonimbus, las gotas de agua y cristales de hielo en que se rompen y se convierten en una carga eléctrica. En términos generales, la porción superior de la nube está cargada positivamente, mientras que las porciones media e inferior están cargadas negativamente. Cuando la tensión eléctrica entre las cargas positivas y negativas es lo suficientemente grande, las descargas tienen lugar entre las nubes o entre la nube y la superficie de la tierra, y el relámpago se dice que se han producido. La corriente eléctrica en una descarga de rayo genera una gran cantidad de calor. Esto provoca una expansión muy rápida del aire a nivel local, lo que retumba de trueno.

Las tormentas eléctricas son a veces precedidas o acompañadas de fuertes lluvias y ráfagas. Estas surgen cuando las gotas de agua en la nube cumulonimbus ya no pueden ser apoyadas por el aire subyacente y caen en forma de lluvia. El aire hacia abajo por tierra produce chubascos.

Rayos y truenos prácticamente ocurren al mismo tiempo. Sin embargo, ya que la luz viaja mucho más rápido que el sonido, la gente siempre ve el relámpago antes de oír el trueno. La distancia de la tormenta puede ser más o menos estimado por la diferencia de tiempo entre el relámpago y el trueno. Como regla general, si el sonido del trueno llega a un observador tres segundos después un relámpago, la tormenta se encuentra a 1 kilómetro de distancia.

2.1.10 Causas de las tormentas eléctricas

“La inteligencia está en todas partes, hasta el procesos inertes. Una tormenta eléctrica es un proceso muchísimo más inteligente que un cerebro humano. A su manera inteligente” Preston, (2012).

Las tormentas forman cuando una masa de aire se vuelve tan inestable que vuelca (por convección) con violencia. "Inestable" significa que el aire en las capas más bajas es inusualmente cálido y húmedo, o que las capas

superiores son inusualmente fresco, o muchas veces, ambas cosas. Las bolsas de aire ascendente cercano a la superficie de una masa de aire inestable expanden y enfrían, y como algunos del vapor de agua presente se condensa en una nube que libera calor, que a su vez hace que el paquete de aire aún más cálido, lo que obligó a subir aún más alto en la atmósfera .

Si el aire de menor nivel es suficientemente cálido y húmedo, y el aire más alta altitud es lo suficientemente frío, este proceso continúa hasta que una nube convectiva de altura - la tormenta - se forma. El resultado puede ser una tormenta que se extiende tan alto como 40.000 a 60.000 pies (8 a 12 millas). Las partes superiores de la tormenta - incluso en los cálidos trópicos - están hechos de hielo: los cristales de hielo, granizo blando, la nieve, ya veces granizo. Alrededor del 50% de la lluvia que llega a la superficie en una tormenta se originó en forma de hielo en la parte alta de la tormenta.

Las corrientes ascendentes en las tormentas pueden ser muy fuertes - 50 nudos o más - lo que puede ayudar a soportar el peso de las piedras más a medida que crecen. Estas corrientes provocan turbulencias extremas para los aviones, que sólo va a volar a través de las partes más fuertes de las tormentas si los pilotos no tienen otra opción. A pesar de los grandes esfuerzos que esto pone en los aviones (y sus pasajeros), los aviones a reacción modernos están diseñados para soportar esas tensiones.

Las tormentas eléctricas son más comunes en la tarde sobre la tierra, cuando el calentamiento diurno de la tierra por el sol hace que la parte inferior de la troposfera se vuelva inestable de temperaturas más altas y más vapor de agua en el aire. O bien, algunas tormentas pueden formar como resultado de la alta atmósfera convirtiéndose inusualmente fresco, debido al acercamiento de una perturbación de aire superior. En este caso, las tormentas se pueden formar en cualquier momento del día, incluso cuando no ha habido calentamiento diurno de la atmósfera baja sobre la tierra.

Debe haber suficiente vapor de agua para que la tormenta a su estilo, ya que las nubes y la precipitación se origina como vapor de agua. Este es el

combustible para la tormenta. A medida que la tormenta utiliza este combustible, se convierte a la lluvia. Con el tiempo, la tormenta se estabiliza la atmósfera utilizando el exceso de vapor de agua y el enfriamiento de la atmósfera inferior, y el calentamiento de la atmósfera superior.

Las tormentas mantienen el campo electrostático de buen tiempo. Cada hora, cientos de miles de relámpagos y puntos de descarga de la corona de transferencia de carga negativa de las bases de las nubes de tormenta en el suelo. La tarifa media transmitida por un rayo se estima en unos 20 culombios. Los iones positivos también se elevan desde las cimas de las nubes de tormenta.

Se han propuesto muchas teorías para explicar cómo se separan cargas negativas y positivas en una nube de tormenta. El mecanismo debe dar una carga positiva a la parte superior de la nube y una carga negativa a la parte inferior de la nube, proporcionar una velocidad de separación de carga de varios amperios. En general se cree que a medida que las partículas de precipitación caen adquieren carga negativa. Por consiguiente, la carga negativa se lleva a la parte inferior de la nube.

2.1.11 Características de las tormentas eléctricas

Según la editorial argentina Sol 90, (2014) “La tormenta eléctrica es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes, con la consiguiente precipitación de partículas líquidas de agua” (Pág.63)

Las tormentas necesitan un amplio suministro de humedad, preferiblemente a mediados de los niveles inferiores y de la atmósfera, ya que son impulsados principalmente por el calor latente liberado en forma de vapor de agua que se condensa. Una tormenta eléctrica ocurre por la existencia de la inestabilidad potencial del aire húmedo, que da lugar a la formación de nubes tipo cumulonimbo.

Generalmente, las tormentas necesitan aire inestable, un perfil de temperatura con el aire caliente cerca del suelo y el aire frío en

altura. Cuando una parcela de aire se da un impulso inicial al alza continuará en aumento y sin fuerza adicional. Así las tormentas eléctricas son más probables en la primavera y el verano que en otoño e invierno. El sol calienta el suelo, lo que calienta el aire cerca del suelo. Las tormentas necesitan una fuente de elevación. Esto puede ser:

1. Calentamiento diferencial cuando el aire cerca del suelo está más caliente que en los niveles superiores.
2. Los efectos orográficos cuando el aire tiene que elevarse a pasar una cresta de la montaña.
3. Los límites frontales cuando las masas de aire de un choque de temperatura es diferente.
4. Cuando las masas de aire con diferentes temperaturas y similar humedad chocan.
5. Cuando las brisas tierra /mar. Las tormentas pueden empezar por las fronteras aéreas, incluso débiles y por lo tanto a veces parecen surgir del cielo.

Las tormentas eléctricas son acompañados a menudo por el mal tiempo y el rayo es uno de los mayores asesinos del clima. Sin embargo, menos de un uno por ciento de todas las tormentas eléctricas producen granizo más grande que el tamaño de una pelota de golf y/o fuertes vientos reventones. Sólo una pequeña fracción de las tormentas de mayor intensidad producen tornados o trombas marinas.

2.1.12 Relación entre la estabilidad y tormentas eléctricas atmosféricas

En pocas palabras, cuando el aire es más caliente que la rodea se elevará de forma continua. La situación se dice que es inestable. Una atmósfera inestable es favorable para el desarrollo de cumulonimbus y tormentas eléctricas, por lo tanto, cuando el aire está más frío que la rodea, se expande. La situación se dice que es estable, una atmósfera estable no apoya el levantamiento del aire y es desfavorable para el desarrollo de tormentas.

2.1.13 Pararrayos

Según Ruiz (2013, pág. 68), “El pararrayos es un conjunto de componentes metálicos que se sitúan encima, al lado o cerca de la instalación que se quiere proteger. Atrae la descarga del rayo y la envía hacia tierra”.

El principio de un pararrayo está basado en la propagación de las corrientes de tensión muy elevadas y de muy alta frecuencia. Los pararrayos disponen de uno o más juegos de cebadores que determinan la tensión de cebado, colaboran (limitando la corriente) en la interrupción de la corriente de seguimiento y asimismo impiden el paso de corriente en condiciones normales. El pararrayo es un sistema de protección contra descargas atmosféricas, para edificaciones e instalaciones desviando la corriente de la descarga hacia la tierra.

Los pararrayos son sistemas de protección de descargas, cuando se coloca en subestaciones o líneas de transmisión o distribución, permiten proteger los equipos conectados contra todo tipo de sobretensiones. El pararrayos, por lo general es conectado a la línea a través del equipo a proteger, a continuación, proporciona una ruta de derivación para transitorios de corriente, y al mismo tiempo, fija la tensión de línea a tierra a un nivel muy por debajo del nivel de aislamiento no disruptivo de los equipos. Una vez que el aumento ha pasado, el descargador vuelve a su estado original, y el sistema sobrevive el evento sin interrupciones.

Los pararrayos proporcionan las características de resistencia no lineal que da el descargador de la limitación de voltaje y las características actuales de protección. A través de los años, se ha mejorado la capacidad de manejo de energía en los pararrayos, y se proporciona una mejor fijación de la tensión, que permite una mejor clase protección contra sobretensiones.

2.1.13.1 Composición del Pararrayo

Para Bustos(2010, pág. 437), “El pararrayo está compuesto de una o más varillas de hierro terminadas en punta y únicas entre sí, con la tierra húmeda

profunda, o con el agua, por medio de los fecros de la electricidad de las nubes”.

Está constituido por un mástil metálico y un cabezal captador, este cabezal está unido a una toma eléctrica y tiene muchas formas en función de su funcionamiento, puede tener una punta, multipuntas, ser semiesférico o esférico.

2.1.14 Clasificación de pararrayos

Según indican Fink, Wayne & Carroll, (2009, págs. 10-47) ,”Los pararrayos se denominan en 4 tipos: pararrayos de subestación (de 3 a 6 kv), de tipo intermedio, (de 3 a 120 kv) de distribución (de 3 a 37 kv) y de baja tensión (de 175 a 650 kv).” Esta clasificación de pararrayos permite una producción masiva de unos pocos tipos con características que satisfacen las exigencias de muy diversos sistemas.

a. Los pararrayos de subestación

Los pararrayos de subestacion, como su nombre lo indica, fueron creados para su instalacion en subestaciones, la cual se realiza sobre el suelo de una base aislante, ofreciendo características de protección optimizada. Son considerados como construcciones que contienen las mejores características de protección y la máxima capacidad para soportar un servicio severo, e incluye varistores de óxidos metálicos envueltos por un arrollamiento en fibra de vidrio con poliéster, que se inserta en la envolvente polimérica.

b. Pararrayos de tipo intermedio

Poseen unas características de protección y unas condiciones de funcionamiento que estan definidas por las normas a un nivel sustancialmente inferior a del tipo de subestación. Puesto que esta clase de pararrayos normalmente no se construyen para tensiones de encima de los 121 kV, en general, no estan expuestos a daños producidos por

sobreensiones de maniobra. Por lo que sus características de protección están situadas generalmente para la descarga de origen atmosférico.

c. Pararrayos de distribución

Los pararrayos de distribución son los de menor peso y tamaño, su tensión nominal se extiende desde 3 a 37 kV hallándose a la mayoría entre los 9 y 12 kV. Su aplicación abarca el amplio campo de distribución y a menudo, se montan directamente sobre los transformadores de distribución que protegen. Las características de los pararrayos de distribución, son suficientes para proporcionar protección frente a descargas de origen atmosférico en la cabecera de una línea, y se consideran de capacidad limitada.

d. Pararrayos de baja tensión

El pararrayo de baja tensión se utiliza para uso externo, protege equipos instalados en la red de distribución secundaria de energía, así como los transformadores, medidores de energía eléctrica, tableros de alimentación y otros sistemas contra picos eléctricos.

2.1.15 Tipos de Pararrayos

a. Pararrayos ionizantes

Esta clase de pararrayos están constituidos por electrodos de una o varias puntas, se instalan en la parte superior de la instalación conectados a la tierra, se dividen en ionizantes pasivos y en semi activos. El pararrayo ionizante mantiene y obtiene su energía del campo eléctrico atmosférico.

Figura No. 1 – Pararrayo Ionizante



Fuente: SCHIRTEC E.S.E

b. Pararrayos desionizantes pasivos

Estos pararrayos están caracterizados por ser de forma esférica, su utilidad es desionizar el aire, para la formación del rayo, se instalan en la parte más alta de la instalación y, durante el proceso del rayo la transferencia de su energía a la tierra se transforma en corriente de fuga a tierra. Durante el proceso de la carga electrostática del fenómeno del rayo, la transferencia de su energía a tierra, se transforma en una corriente de fuga a tierra, su valor eléctrico se puede registrar con una pinza amperimétrica de fuga a tierra, el valor máximo de lectura en plena tormenta no supera los 250 Mili-Amperios y es proporcional a la carga eléctrico-Atmosférica.

Figura No. 2 – Pararrayo Desionizante Pasivo



Fuente: SERTEC S.R.L

c. Pararrayos ionizantes pasivos

Los pararrayos ionizantes pasivos son electrodos de una o varias puntas, no tiene ningun dispositivo electrónico ni fuente radioactiva, su funcionamiento se basa en canalizar la toma de tierra con la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal. El objetivo de estos atrae-rayos es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

d. Pararrayos ionizantes Semi-activos

Los ionizantes semi activos estan formados por electrodos de acero acabados en punta, estos pararrayos tienen incorporado un sistema electrónico que genera avance en el cebado tranzador, no incorporan ninguna fuente radiactiva. Su funcionamiento se basa en canalizar la otma de tierra con la diferencia potencial entre la nube y el cabezal. En la tormenta se generan campos de alta tensión que se concentran en las puntas mas predominantes, a partir de una magnitud del campo eléctrico alrededor de la punta o electrodo, aparece la ionización por impulsos, son pequeños flujos eléctricos, se puede apreciar en forma de diminutas chispas de luz, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos. El dispositivo electrónico del PDC está conectado en serie entre el soporte del cabezal y el cabezal aéreo.

2.1.16 Importancia de la utilización de pararrayos

La instalación de un pararrayos es el medio adecuado para proteger edificaciones y la gente en su interior contra una posible fuga de corriente que pasa a la tierra, por medio de un cable de cobre, al electrodo de tierra para disiparse en la tierra fisica, en ese momento de descarga de la corriente del rayo, se crea un intercambio iónico que reacciona en el entorno, creando una cristalización de la tierra física, que produce una degradación y oxidación de los electrodos metálicos.

Las sobretensiones en sistemas de suministro eléctrico son el resultado de la efectos de los incidentes de rayos y acciones de conmutación y no se puede evitar. Estas sobretensiones ponen en peligro a los equipos eléctricos porque, por razones económicas el aislamiento no puede ser diseñado para soportar todos los casos posibles. Por lo tanto, es importante la implementación de un sistema en línea exige para una amplia protección de los equipos eléctricos contra las sobretensiones inaceptables tensiones. Esto se aplica en general a sistemas de alta tensión así como a los sistemas de media y baja tensión.

Protección contra sobretensiones se puede lograr básicamente en dos maneras:

- Evitar sobretensión de rayo en el punto de origen, tales como a través de cables de blindaje a tierra en frente de la subestación que intercepte un rayo.
- Límite de sobretensión cerca del equipo eléctrico, por ejemplo a través de los descargadores de sobretensiones en las inmediaciones del equipo eléctrico.

En los sistemas de alta tensión los dos métodos de protección son comunes. La protección de cable de blindaje en media tensión representa un sistema que generalmente no es muy eficaz. Debido a la pequeña distancia entre los cables de blindaje y los cables de la línea, un rayo directo sobre el alambre de blindaje lleva también a arcos inmediatos a los cables de línea. Adicionalmente, las sobretensiones inducidas en los cables de línea no se puede evitar mediante el blindaje de los cables.

La protección más eficaz contra las sobretensiones en el medio por lo tanto, los sistemas de pararrayos son el uso de protectores contra las sobretensiones en la proximidad de los equipos eléctricos. Se producen sobretensiones temporales, por ejemplo, durante rechazo de carga o debido a fallas con conexión a tierra. La duración de estas sobretensiones, sobre todo con el poder frecuencia, puede ser de entre 0,1 segundos y varias horas.

Generalmente, no son más altos que 3 p.u. y son por lo general no es peligroso para el funcionamiento del sistema y el aislamiento de los equipos. Sin embargo, son decisivas para el dimensionado de los descargadores. Las sobretensiones de conmutación consisten en su mayoría de oscilaciones amortiguadas con frecuencias de hasta varios kHz y una magnitud de hasta 3 p.u., en el caso de conmutación inductivo, las sobretensiones de maniobra, pudiendo llegar hasta 4 p.u.

Las sobretensiones de origen atmosférico (rápida frente sobretensiones) se originan en las descargas atmosféricas. Ellos alcanzan su valor máximo dentro de unos pocos microsegundos y posteriormente decaer muy rápidamente. La magnitud de estas sobretensiones unipolar puede alcanzar valores muy por encima de 10 p.u. en sistemas de media tensión.

2.1.17 Tecnología descargador de sobretensiones

Según Tolcachier (2013)“Las sobretensiones son la causa de una gran parte de las fallas de equipos electrónicos” (Pág. 9)

Los llamados pararrayos convencionales generalmente eran empleados exclusivamente en sistemas de media tensión hasta la mitad de la octava década del siglo pasado. Esto consistía en una conexión en serie de resistencias de SiC con una baja no linealidad y de la placa de chispas con lagunas. El cortocircuito a la tierra surge cuando las chispas con lagunas entran en acción durante el levantamiento de la sobretensión. Las resistencias de SiC en el límite de la serie la corriente de seguimiento de la fuente de alimentación y permitir así el arco en la brecha para extinguir en la próxima corriente cero.

En los últimos años se han implementado dos fundamentales mejoras de los pararrayos que se utilizan en un sistema de medio voltaje. Por un lado, la conexión en serie de SiC en resistencias y placas de chispas con lagunas fueron reemplazados con el metal óxido (MO), las resistencias de no linealidad sin serie implica la conexión de la placa de chispas con lagunas,

mientras que en el otro lado, los alojamientos de los pararrayos de porcelana eran sustituido con carcasas hechas de material de polímero (sintética materiales).

Un gran número de descargadores de chispas con huecos convencionales son instalados en los sistemas de media tensión. Sin embargo, ya no se producen. La desaparición de las chispas con lagunas, son necesarios para los pararrayos de carburo de silicio, lo que hizo el diseño de la oleada descargadores mucho más fácil, especialmente para los sistemas de media tensión.

Algunos de los nuevos diseños sólo fueron posibles debido a la desarrollo de las resistencias de MO y el uso de polímero material para las viviendas. La ventaja fundamental es el hecho de que el descargador de sobretensiones que tiene sólo un elemento activo, que es la resistencia de MO o la llamada parte activa, que consiste en una columna de resistencias MO.

Ciertamente las resistencias MO tienen que realizar todo el funciones que se han realizado anteriormente por diferentes partes de los pararrayos de carburo de silicio. Por ejemplo, tienen que ser no-envejecimiento la tensión de funcionamiento continuo, que tienen que ser capaz de absorber la que ocurre energía durante la descarga y después que tienen también que ser capaz de reducir el seguimiento de la corriente a un pequeño valor que no es peligroso para el servicio.

2.1.18 Selección pararrayos

(Ramírez, Martínez, Fuentes, García, Fernandez, & Zorzano, 2009), “La selección de pararrayos se realiza estableciendo un margen de protección”. El objetivo de la aplicación de pararrayos es seleccionar el descargador de sobretensiones con menor valor nominal que proporcionará global adecuado protección del aislamiento del equipo y tienen una vida de servicio satisfactoria cuando conectado al sistema de alimentación. La descargador con la calificación mínima es preferido, ya que proporciona el mayor margen de protección para el aislamiento.

Un supresor de clasificación más alta aumenta el capacidad del descargador de sobrevivir en el sistema de energía, sino que reduce la protección margen que establece un específico nivel de aislamiento. Tanto la supervivencia pararrayos y protección de los equipos debe ser considerado en la selección de descargador. La selección y aplicación correcta de los pararrayos en un sistema implican decisiones en tres áreas:

1. Selección de la tensión descargador calificación.

Esta decisión se basa de si o no el sistema de está conectado a tierra y el método de puesta a tierra del sistema.

2. Selección de la clase de los pararrayos.

En general, existen tres clases de descargadores. En orden de la protección, la capacidad y costo, las clases son:

- Clase de estación
- Clase intermedia
- Clase Distribución

El descargador de clase estación tiene la mejor capacidad de protección y es el más caro.

3. Determine dónde el descargador debe estar ubicado físicamente.

Selección del pararrayos adecuado para sus necesidades - Selección de un pararrayos apropiado requiere conocimiento acerca de su sistema y la aplicación específica. Los factores que entran en juego son:

- Tensión máxima del sistema
- Las prácticas de puesta a tierra del sistema (con conexión a tierra de manera efectiva, la impedancia a tierra, conexión a tierra)
- Nivel de aislamiento del equipo a proteger
- Márgenes de protección deseado que se proporcionarán
- Los niveles y la duración de las sobretensiones a frecuencia industrial

- Las longitudes de las líneas que se cambiará
- Las cargas mecánicas que descargador serán sometidos a
- Disponible-línea a tierra la corriente de falla
- Condiciones ambientales.

Los pararrayos nunca deben instalarse en el interior o en el exterior de los edificios, cuando estén emplazados en el interior de edificios deben estar situados lo más lejos posible de cualquier otro equipo, lugares de tránsito, o de las partes del edificio que sean de material combustible.

2.1.19 Descargador de voltaje

Cuanto menor sea el valor de tensión pararrayos, la bajar el voltaje de la descarga, y la mejor la protección del aislamiento sistema. Los descargadores de menor calificación son también más económico. El reto de la selección y tensión pararrayos calificación es principalmente uno de la determinación de la sostenida máxima de línea a tierra tensión que puede ocurrir en un sistema dado ubicación y luego elegir el más cercano calificación que no se supere por la misma. Este Tensión máxima sostenida a tierra es generalmente considerado como el máximo tensión en las fases sin falla durante una sola falla en la línea-a-tierra. Por lo tanto, la Las calificaciones de pararrayos adecuados depende de la forma de sistema de de puesta a tierra.

Para aplicaciones de descargador de sobretensiones del con fundamento sólido clasificación es por lo general se encuentra en la compañía de electricidad sistemas de distribución donde el sistema está por lo general sólo a tierra en el punto de de suministro. Estos sistemas pueden presentar una amplia gama de coeficientes de puesta a tierra dependiendo de la ubicación del sistema o en el sistema. Por consiguiente, estos sistemas puede requerir un estudio para asegurar el más económico, seguro, calificación de sobretensiones selección. Si esta información no es conocida o disponible, la conexión a tierra la clasificación debe ser utilizado.

2.1.20 Estudio de la puesta en tierra

Para Miguel De la vega (2009):

La ingeniería de puesta a tierra es la tecnología de la acción que se ocupa de la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos sustantivos, pero también de conocimiento empírico comprobados dirigidos hacia la eficiente, segura y económica utilización de la tierra como elemento eléctrico para fines diversos. (Pág. 27).

Esta ingeniería supone la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos, los cuales se utilizan para delimitar la tensión que puede presentarse entre estructuras metálicas, permitiendo actuar a las protecciones eléctricas utilizadas y de esta manera minimizar el riesgo de shock eléctrico.

Un buen sistema de puesta tierra garantiza mejores niveles de seguridad del personal, operatividad de los equipos y desempeño de los mismos. No obstante cuenta como un factor importante de la resistencia, por esto es necesario conocerla para calcular la puesta a tierra de sistemas especializados.

Con el fin de asegurar la economía de la utilización de la tierra tanto de conocimientos científicos como tecnológico. En sistemas de potencia la puesta de tierra mantiene la referencia necesaria puesto que se derivan normales y transitorias.

2.1.21 Resistividad del suelo

Según lo establecido por Moreno, García & Lasso, (2010) ellos indican que:

La resistividad del suelo o terreno no es constante en el tiempo y está afectado por muchos valores, entre los que destacamos los más influyentes:

- e. La naturaleza del terreno
- f. La humedad
- g. La temperatura
- h. La salinidad
- i. La disposición de las capas del terreno
- j. Las variaciones adicionales
- k. Los factores de naturaleza eléctrica (Pág. 433)

Es especialmente necesario conocer la resistividad para determinar el diseño del mismo para realizar instalaciones nuevas, y así poder satisfacer las necesidades de resistencia de la tierra. De esta forma existen ventajas y desventajas en donde como ventaja encontramos que sería ideal encontrarse en un lugar con menor resistencia posibles para que se facilite el trabajo y no exista inconveniente.

Se mide fundamentalmente por encontrar la profundidad en varios casos del grosor de la roca en estudios geofísicos, así mismo también puede contribuir al momento de localizar la red de tierra de una subestación, planta regeneradora o transmisora de radiofrecuencias.

En ciertos ámbitos también puede indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas. Aunque cabe mencionar que para encontrar el área más baja de resistividad para lograr la instalación respectiva.

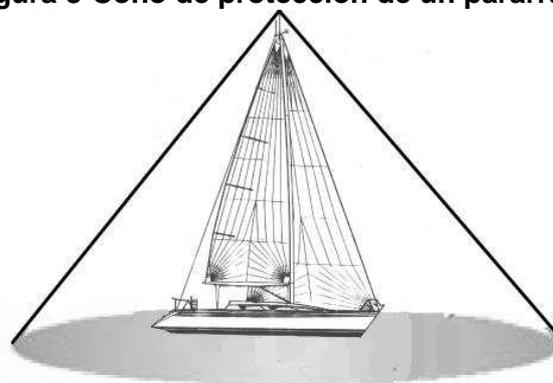
2.1.22 Cono de protección de un pararrayo

Según el informe Náutica (2010) el cono de pararrayo es:

Un sistema pararrayos es un elemento que se compone de tres partes:

- ✓ Pararrayo propiamente dicho
- ✓ Cable o elemento conductor
- ✓ Tierra Física (en el caso de embarcaciones, el elemento que asegura contacto eléctrico con el agua).

Figura 3-Cono de protección de un pararrayo



Fuente: Informe CiberNautica

Analizando lo indicado, el pararrayo debe estar correctamente instalado, lo cual de esa forma se rige como un sistema de protección contra descargas atmosféricas puede brindar un ángulo de protección de aproximadamente 45 grados, dependiendo del tipo de elemento a instalar.

Existe una conductividad que ayudará hacer más eficiente el proceso por medio de interconexiones y mayor trayectoria que procure ser lo más sencilla posible. No obstante evitando curvas pronunciadas para la construcción del sistema.

2.1.23 Nivel cerámico

Indica Saúl Raizman (2011) que, “Los niveles cerámicos representan los días de tormenta eléctrica al año de una localidad geográfica determinada, por ejemplo una región de un país, la cual puede ser costera, montañosa, llanera, etc.”

Analizando lo citado por Raizman, los niveles cerámicos constituyen un factor generador de riesgos lo cual implica una localidad geográfica determinada de cualquier sitio específico. Los niveles cerámicos se suele llevar a mapas con curvas de nivel cerámico.

A pesar que los mapas en donde se esté sucediendo este hecho no den indicación de las intensidades, duración y extensión pero si se puede establecer datos relevantes de la información registrada.

2.1.24 Valores de tensión disruptiva

En la tabla a continuación se puede observar los valores correspondientes a la tensión disruptiva, a la frecuencia industrial y de impulso atmosférico.

Tabla 2 -Valores de tensión disruptiva a la frecuencia industrial y de impulso atmosférico.

Pararrayos (Fab. A y B)	Tensión disruptiva a la frecuencia industrial (kV)	Tensión disruptiva de impulso atmosférico	
		Pol. Pos. (kV)	Pol. Neg. (kV)
A1	134 (R)	182	181
A2	105 (R)	171	168
A3	85 (R)	178	178
A4	102 (R)	172	167
A5	(R)	173	172
A6	(R)	173	188
B1	226	382	354
B2	219	374	363
B3	224	364	359
B4	218	340	322
B5	188 (R)	349	344
B6	233	355	344

Fuente: (Manual práctico de electricidad para ingenieros, 2009)

2.1.25 Mantenimientos de pararrayo

Para Ramírez, (2009):

Uso, conservación y mantenimiento de pararrayos:

- Evitar el contacto con el material que lo compone
- Las curvas de cable no serán de radio inferior a 20cm, ni formarán ángulos de menos de 90 grados.
- No utilizar aisladores en la sujeción del cable
- En caso de avería, debe procederse inmediatamente a su reparación, ya que un pararrayos en mal estado es un peligro latente
- No manipular la instalación, sin la intervención de un técnico

Las instalaciones tradicionales de pararrayos, constan de un elemento metálico, el pararrayos; una red conductora, y una toma de tierra, que descargara el propio pararrayos y a los elementos metálicos próximos, con el unico fin de brindar la protección necesaria para las personas, animales e instalaciones.

Por motivos técnicos y de funcionamiento de los sistemas contra descargas atmosféricas, los pararrayos y sus elementos se sitúan siempre en el exterior de la estructura o edificio que se desea proteger, colocándose la puesta a tierra en diferentes lugares de acuerdo a los estudios correspondientes. Debido a que estos sistemas se encuentran expuestos a diferentes fenómenos meteorológicos y cambios climáticos a través de su tiempo de vida útil, es de esperarse que los materiales expuestos sufran cierto tipo de deterioro que debe ser monitoreado.

Los pararrayos son dispositivos usualmente acabados en punta de que excita la aparición de la guía. Esto se debe a que en un objeto puntiagudo, el campo eléctrico es tan intenso que durante una tormenta se inicia una descarga desde la punta que busca la guía.

El rayo tiende a caer en esa punta. Por lo tanto, si se produce el rayo, las cargas recorrerán el camino más corto y fácil, que es el que conduce al pararrayo. Como éste está conectado a tierra, el rayo se descarga sin causar daño.

2.2 Marco conceptual

Descargas atmosféricas:

(Marcombo S.A., pág. 197):

Las descargas atmosféricas son uno de los fenómenos naturales más espectaculares y comunes. En los dos siglos transcurridos desde que Benjamín Franklin demostró en 1752 que el rayo era una descarga eléctrica gigantesca, relámpagos, rayos y tormentas han sido objeto de numerosas investigaciones científicas. Sin embargo, pese a la avalancha de nuevos equipos y técnicas de trabajo, los orígenes estrictamente exactos de las descargas atmosféricas y del mecanismo mediante el cual se electrifican las nubes continúan mostrándose esquivos. La dificultad reside en la propia física de la descarga y las tormentas, que abarca una escala de 15 órdenes de magnitud.

Zona de convergencia intertropical:

(Fournier, pág. 26):

La zona de convergencia intertropical es el área de interacción entre los alisios del Hemisferio Norte, que tienen dirección noreste, con los vientos alisios del Hemisferio Sur, con dirección sureste. La región sobre la que influya esta zona se caracteriza por la generación de fuertes lluvias, tormentas eléctricas, turbulencia y un alto predominio de vientos del suroeste (oestes ecuatoriales). Esta zona de convergencia intertropical rige el clima de Costa Rica desde inicios de mayo hasta finales del año, con períodos de alta precipitación, particularmente en la vertiente del Pacífico.

Estática:

(Celis, pág. 11):

La estática es un concepto básico de las ingenierías que debe entender toda persona interesada en el diseño y revisión de sistemas de apoyo y sustentación de las estructuras utilizadas en ingeniería y arquitectura.

Este texto incluye conceptos fundamentales como son los principios fundamentales de la mecánica, el equilibrio de partícula y de cuerpo rígido en dos y tres dimensiones, la fijación de un cuerpo y las condiciones de isostaticidad, el análisis de los cables, las armaduras y las estructuras isostáticas restantes. Éstas son el sustento del análisis estructural de los sistemas hiperestáticos. Finalmente se analizan las propiedades geométricas de las secciones, que son el fundamento de múltiples fenómenos de ingeniería.

A nivel universitario, la estática se suele enseñar en los primeros años de la carrera. Es una materia obligatoria para los estudiantes de las diversas ingenierías y de arquitectura.

CAPITULO III: ANÁLISIS DE ESTUDIO DE PARARRAYOS Y PUESTA EN TIERRA EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA

Tal como se menciona en el Capítulo I, como parte de la investigación se encontraba la realización de una encuesta al personal docente de la Facultad Técnica, o áreas relacionadas, que laboren para la UCSG. El objetivo de esta encuesta, compuesta de 9 preguntas en total, era identificar la percepción y opiniones en relación al actual sistema contra descargas atmosféricas instalado en la universidad, así como cuestionar la ubicación y condiciones del mismo en cuanto a la protección que proporciona, y determinar la importancia del sistema y su actualización.

Los resultados obtenidos fueron de importancia para este estudio, ya que confirmaron las dudas ya existentes en cuanto a los pararrayos con los que cuenta en la actualidad el campus, y se pudo tener una idea más clara y concisa de la real necesidad que se presenta.

A continuación se detallan los resultados de cada una de las preguntas formuladas:

3.1. Presentación de resultados

1. ¿La universidad Católica cuenta con pararrayos en sus instalaciones?

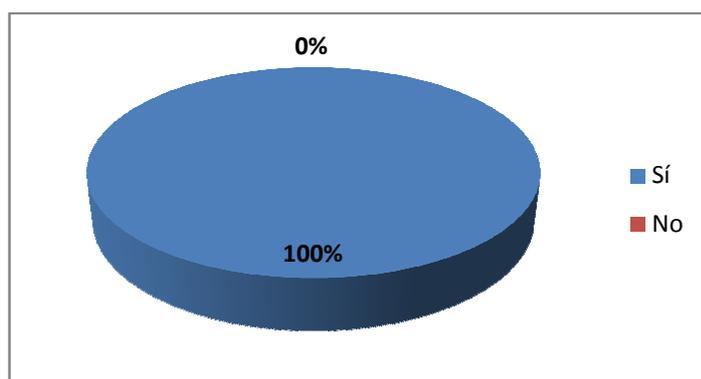
Tabla 3 - Posesión de pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	12	100%	100%
NO	0	0%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 4 -Posesión de pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Según lo indicado por los docentes de Ingeniería Electromecánica y los estudiantes de carreras que brindan servicios a la universidad, el 100% de ellos indicó tener el conocimiento de que la Universidad Católica en efecto, si posee esta protección para rayos.

2. ¿Cree que estos pararrayos se encuentran implementados en las áreas críticas requeridas del campus?

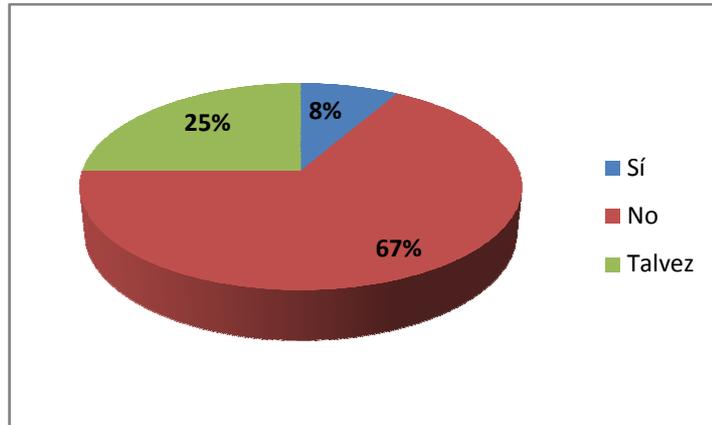
Tabla 4- Opinión sobre pararrayos implementados

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	1	8%	8%
NO	8	67%	75%
TAL VEZ	3	25%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 5 - Opinión sobre pararrayos implementados



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

El 67% indica que estos pararrayos no se encuentran implementados en las áreas críticas del campus, mientras que el 25% establece que tal vez, pues no están completamente seguros, seguido de solo el 8% que asegura que estos pararrayos sí están bien ubicados en las instalaciones de la universidad.

3. ¿Cuántos años aproximadamente cree que tengan estos pararrayos instalados en la universidad?

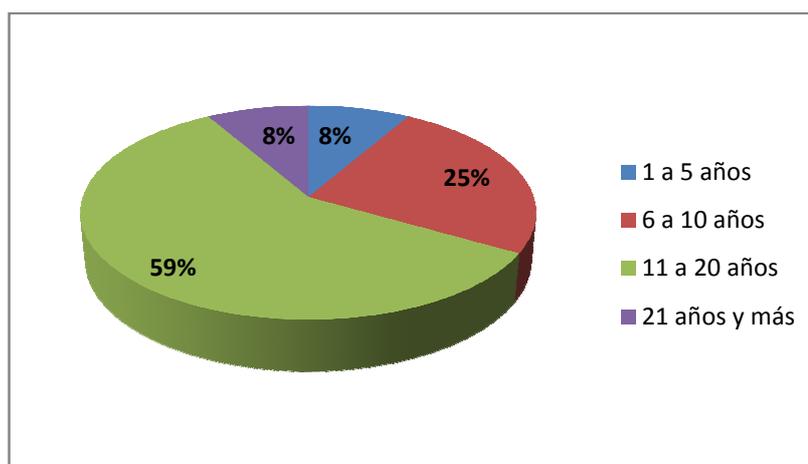
Tabla 5 - Tiempo implementados

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
1 a 5 años	1	8%	8%
6 a 10 años	3	25%	33%
11 a 20 años	4	58%	92%
21 años o mas	1	8%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 6-Tiempo implementados



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

El 58% de los 12 encuestados indicó que aproximadamente, los pararrayos del campus tienen entre 11 a 20 años desde su instalación, el 25% manifiesta que estos tienen de 6 a 10 años, seguido del 8% que determina que los pararrayos llevan instalados de 1 a 5 años, culminando con el 8% que expresó que estos llevan entre 21 años y más. Debido a los resultados establecidos por el público encuestado, los pararrayos llevan más de 7 años instalados en el campus, por lo que podría ser un problema debido a que ya mantiene cierto nivel de antigüedad.

4. De acuerdo a su criterio, ¿Cree que estos pararrayos implementados están en buenas condiciones?

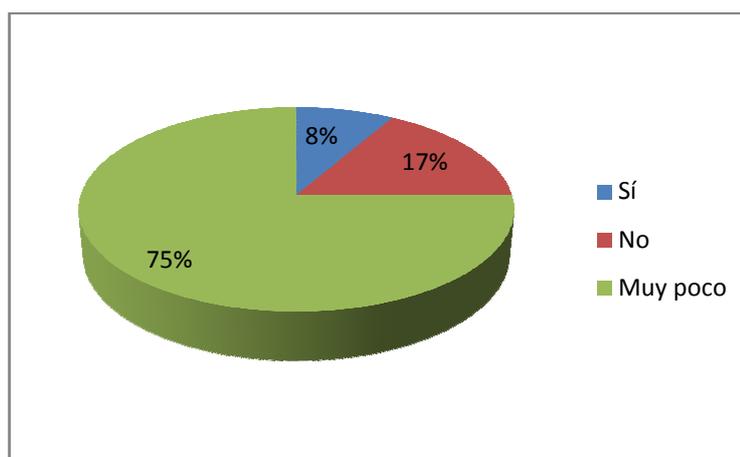
Tabla 6 - Opinión sobre la buena condición de los pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	1	8%	8%
NO	2	17%	25%
MUY POCO	9	75%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 7 -Opinión sobre la buena condición de los pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

El 75% de los encuestados se refirieron a la buena condición de los pararrayos como muy poca, el 17% negó que estos pararrayos estuvieran en buenas condiciones, mientras que sólo el 8% manifestó que sí se encuentran en buenas condiciones. para lo que se puede determinar que la mayoría de los encuestados concuerdan con la mala condición que mantienen estos pararrayos del campus.

5. ¿Cree que es importante la implementación de nuevos pararrayos o el mantenimiento de los mismos?

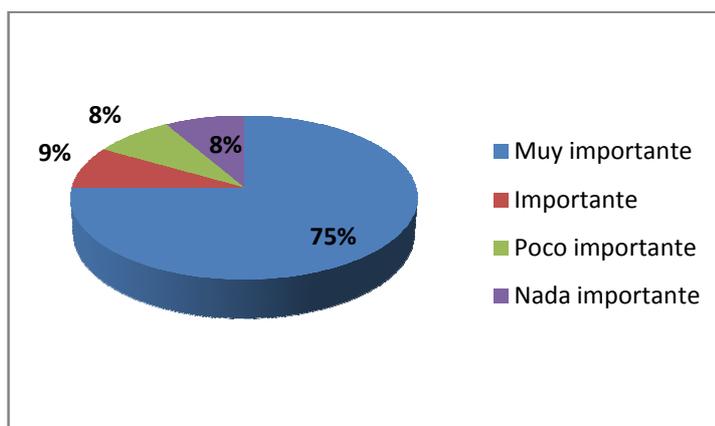
Tabla 7 - Importancia sobre la implementación y mantenimiento de pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
MUY IMPORTANTE	9	75%	75%
IMPORTANTE	1	8%	83%
POCO IMPORTANTE	1	8%	92%
NADA IMPORTANTE	1	8%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 8 -Importancia sobre la implementación y mantenimiento de pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

En cuanto a la importancia de la implementación y el mantenimiento de pararrayos de la universidad, el 75% indicó que es muy importante, el 8% limitó a expresiones que es importante, seguido del 8% que dijo parecerle poco importante y para el 8% no es nada importa. Aseverando lo estipulado por los encuestados, se puede determinar que la importancia de la implementación y/o mantenimiento de estos pararrayos es de suma importancia para la seguridad de los docentes y estudiantes.

6. ¿Qué tan frecuente es el cambio o mantenimiento de estos aparatos?

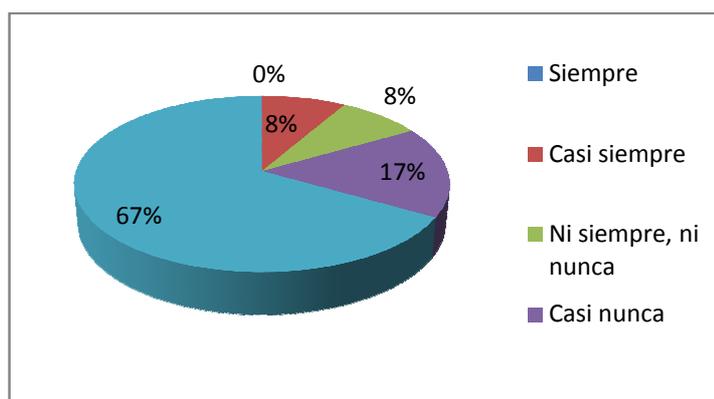
Tabla 8 - Frecuencia de cambio y mantenimiento de pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SIEMPRE	0	0%	0%
CASI SIEMPRE	1	8%	8%
NI SIEMPRE, NI NUNCA	1	8%	17%
CASI NUNCA	2	17%	25%
NUNCA	8	67%	83%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 9 - Frecuencia de cambio y mantenimiento de pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Refiriéndose a la frecuencia en que estos artefactos han sido cambiados o han tenido un mantenimiento propio, el 67% indicó que nunca se ha hecho en el tiempo que llevan instalados, mientras que 17% establece que estos cambios se realizan casi siempre, para el otro 8% el cambio y mantenimiento ocurre casi nunca, posteriormente, el 8% manifestó que no es ni siempre ni nunca es decir, no es muy seguido pero si se ha dado. Con esto se puede considerar que el mantenimiento y cambio de pararrayos no es una prioridad para la universidad, puesto que no se han efectuado cambios de los mismos, por lo que la idea del proyecto resulta apropiada y factible.

7. ¿Qué tan importante cree que son estos pararrayos para la seguridad del personal?

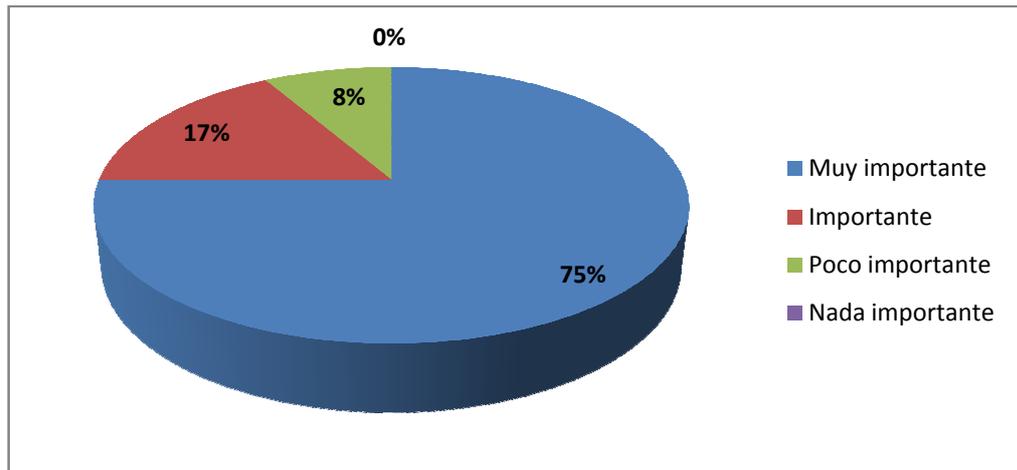
Tabla 9 - Importancia del pararrayos para la seguridad

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
MUY IMPORTANTE	9	75%	75%
IMPORTANTE	2	17%	92%
POCO IMPORTANTE	1	8%	100%
NADA IMPORTANTE	0	0%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 10 - Importancia del pararrayos para la seguridad



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Para el 75% de los encuestados es muy importante el uso de pararrayos para garantizar la seguridad del personal docente y los estudiantes, mientras que el 17% se refiere a que si es importante, por otra parte, el 8% indica que le parece poco importante. Referenciando los resultados, se puede establecer que para más de la mayoría del personal encuestado, estos pararrayos son de suma importancia para garantizar la seguridad en el campus, puesto que previene accidentes en la infraestructura y accidentes al personal en caso de que se originen tormentas eléctricas.

- 8. De acuerdo a lo que ya preguntado, ¿Estaría de acuerdo con una revisión exhaustiva de los lugares críticos en el campus donde se necesitan pararrayos actualmente?**

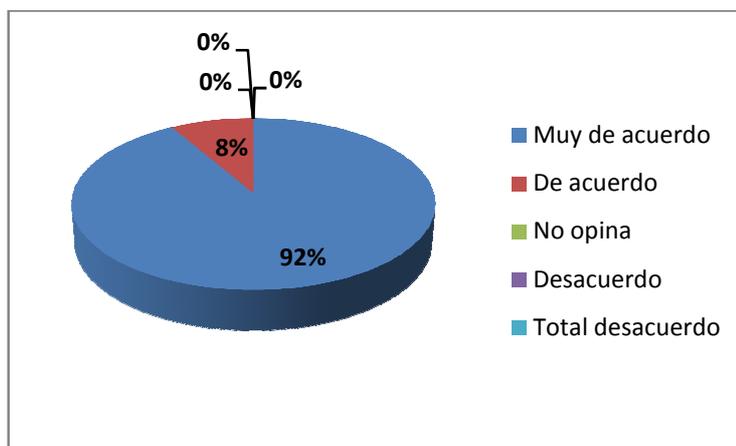
Tabla 10 - Opinión sobre una revisión en lugares críticos para la implementación de pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
MUY DE ACUERDO	11	92%	92%
DE ACUERDO	1	8%	100%
NO OPINA	0	0%	100%
DESAUERDO	0	0%	100%
TOTAL DESACUERDO	0	0%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 11 -Opinión sobre una revisión en lugares críticos para la implementación de pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Según los resultados de la encuesta, el 92% afirma está muy de acuerdo con la revisión de estas áreas donde la implementación de estos pararrayos es necesaria, mientras que el otro 8% también afirmó estar de acuerdo con esta idea. Establecido el resultado, se puede determinar que no existe opinión negativa a cerca de la idea de la revisión en áreas críticas del campus, por lo que se puede con ayuda del docente, se efectuar dicha revisión para establecer los lugares donde se necesita pararrayos.

9. Una vez realizada la revisión respectiva, ¿Qué tan interesante le parecería la plantear un proyecto en el cual se implementarían estos pararrayos previniendo así desastre y garantizando la seguridad del personal?

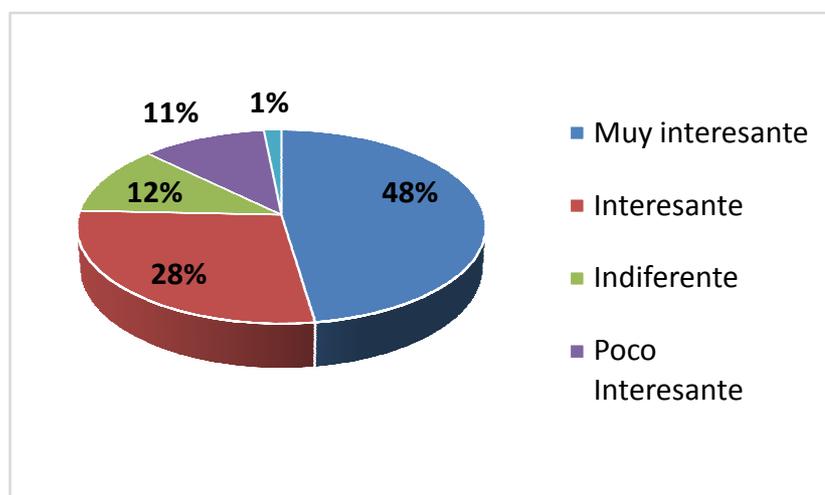
Tabla 11 - Opinión sobre el proyecto de implementación de pararrayos

	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
MUY INTERESANTE	11	92%	92%
INTERESANTE	1	8%	100%
INDIFERENTE	0	0%	100%
POCO INTERESANTE	0	0%	100%
PARA NADA INTERESANTE	0	0%	100%
TOTAL	12	100%	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

Figura 12 -Opinión sobre el proyecto de implementación de pararrayos



Fuente: Encuestas

Elaborado por: Autor

3.2. Nivel Isoceraunico en Guayaquil

Referenciando lo escrito en el Diario Expreso en el mes de Febrero(2014)

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inamhi), en lo que va de este año en Guayaquil se han registrado más de 6. La mayoría en febrero y la última anoche. Se prevé que durante este mes se presenten nuevamente en forma esporádica.

Aunque es un fenómeno natural que aparece en épocas de lluvia, su incidencia y peligrosidad no es un secreto. Eventualmente produce descargas eléctricas en forma de rayos que tocan el suelo y pueden provocar apagones e incluso conatos de incendio. (Págs. 7-8)

El nivel isoceraunico en la ciudad de Guayaquil varía de 2 a 6 tormentas eléctricas al año, más que nada en las épocas de invierno que son desde el mes de Enero hasta principios de Abril; actualmente, en el año 2014 el invierno tendió a prologarse y las lluvias estuvieron presentes hasta principios de Junio. Por esta razón de cambio de clima inesperado que mantiene la ciudad, es necesario prevenirse con una protección efectiva para estos casos.

3.3. Estudio de pararrayos

Los pararrayos que se describen en este estudio son dispositivos instalados en serie con un línea de alimentación coaxial para proteger un radio del daño inducido por un rayo. Hay varios dispositivos de pararrayos disponibles que varían en sofisticación, las características, la protección y el costo, sin embargo los pararrayos ionizantes por sus características son los que más se ajustan a los requerimientos de la Universidad de Guayaquil, este tipo de pararrayos básico y de uso general. Los datos que se incluyen son el resultado de las evaluaciones personales, que se centró en profundizar en el conocimiento de cómo funcionan estos dispositivos y cómo puede ser aplicado.

Se analiza un tipo de pararrayos; un dispositivo de chispas, y un dispositivo de tubo de gas. Existe una carretera de cobre del sistema de la antena de pararrayo debido a todo el cableado metálico, tales como cable coaxial,

cables de potencia, rotor, cables de tierra, entre otros. Los pararrayos están destinados a desviar corrientes de rayos destructivos que fluyen en estos sistemas de cableado a tierra de modo que los daños en el equipo conectado, las estructuras y las lesiones al personal se reduzcan al mínimo.

Para que el supresor pueda proporcionar protección, las corrientes de rayo deben mantenerse fuera de la zona al desviar a tierra lo más directamente posible a través del uso de estos dispositivos. Los pararrayos coaxiales no puede garantizar la protección contra un ataque directo. Sin embargo, cuando hay tensiones significativas y corrientes en las antenas y cables en niveles reducidos en función de la distancia, un sistema de puesta a tierra y pararrayos bien diseñado puede mejorar de la capacidad de supervivencia.

Existen dos razones principales para la instalación de un sistema de pararrayos, ambas relacionadas con reducir o eliminar en lo posible la descarga disruptiva de los aisladores del sistema:

1. Reducir o eliminar los cortes de rayos inducidos debido a descargas eléctricas de los aisladores.
2. Eliminar flashover aislante debido a los picos de conmutación. En ambos casos.

Cualquiera sea el caso, es necesario un estudio del sistema que permita identificar la mejor ubicación para los descargadores, y que de esta manera sea posible cumplir con los resultados deseados; ubicando los descargadores donde el tipo de sobretensiones alcance una amplitud que exceda el aumento de conmutación de cadena que los aisladores puedan soportar en niveles. Este ejemplo puede ser unos pocos lugares a lo largo de toda la línea de transmisión.

Para el control de la oleada de rayos, la zona de protección rara vez es más de un tramo del descargador, por lo tanto los descargadores necesitan ser situados en casi cada torre que se encuentre dentro de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Las especificaciones presentadas pueden

ayudar en el diseño e implementación del sistema de protección contra rayos.

3.4 Especificación de la línea de transmisión de pararrayos

Existen muchos factores que intervienen en la selección de un descargador de línea de transmisión. Estos factores son los siguientes.

- Propósito del pararrayos: Cambiomitigación, mitigación de los rayos, o ambos.
- Voltaje del sistema nominal y temporal potencial de sobretensión.
- Blindaje del sistema donde se usa la fase superior como un escudo.
- Densidad del rayo y/o tasa de flashover aislante histórica.
- Calidad de la planta de la torre.
- Tasa deseada de flashover.
- Falla de corriente disponible en el sistema.

Los descargadores de sobretensión se aplicarán en el campus de la universidad para reducir el riesgo de descarga disruptiva aislante durante cualquier suceso de sobretensión. La Tabla No.1 a continuación, muestra los resultados comunes de un estudio de mitigación contra rayos según la cantidad de pararrayos existentes y los lugares de pararrayos en donde son ubicados:

Tabla 12 -Estudio de mitigación contra rayos

Probabilidad de daño en caso de impacto de rayo en el campus	
No existen escudos y ni pararrayos.	100%
Existen pararrayos en la parte superior de una fase única en una estructura.	88%
Existen descargadores en todas las fases de pocas (1 o 2) estructuras.	87%
No hay pararrayos, sólo un cable blindado	21%
Existen descargadores en la parte superior de cada fase de estructura	18%
Existen descargadores en todas las fases de cada estructura del campus	0%

Elaborado por: Autor

3.5 Ubicaciones de pararrayos

La determinación de las ubicaciones óptimas para los pararrayos que permita lograr la tasa de interrupción deseada implica un trabajo complejo y estudios realizados por expertos en la materia. En aquellos lugares en los que no existan protecciones contra descargas atmosféricas, de producirse un ataque directo a un conductor de fase, la probabilidad de una descarga disruptiva aislante asciende al 100%.

Por el contrario, si los descargadores fueran instalados en cada fase de cada una de las edificaciones, un ataque atmosférico de esta naturaleza reduciría la probabilidad de una descarga de esta magnitud al 0%.

Finalmente, aquellas instalaciones que se realicen en lugares distintos a los anteriormente detallados, resultaran en una reducción de la probabilidad de descargas eléctricas en determinado porcentaje. La mayoría de los fabricantes de pararrayos están en la capacidad de calcular la probabilidad de descargas eléctricas dependiendo de la cantidad de información que puedan recaudar sobre las características del sistema. Numerosos ingenieros y consultores pueden proveer este servicio de datos.

3.6 Teoría de operación

Si no hay descargadores en servicio en el campus, y un escudo experimenta un ataque directo, la corriente de choque viaja por debajo de la línea de escudo y por el conductor más cercano. La tensión a lo largo de este conductor de abajo, se aumenta a un nivel que supera el nivel de soportar el aislador de línea (aproximadamente 85% de CFO). Inmediatamente después la frecuencia de la energía creada a lo largo de la trayectoria crea un arco corriente de sobretensión ionizado, lo cual representaría un evento no deseado ya que este solo acabaría con la intervención de un dispositivo de sobrecorriente que cause un parpadeo en el sistema.

Con un pararrayos instalado en esta fase, la corriente de choque se transfiere sin problemas sobre el conductor de fase por lo que el arco ionizante se produce sin que se genere algún tipo de daño por la frecuencia

de energía. En todos los casos, las aplicaciones de línea de transmisión de pararrayos inhiben descargas disruptivas que a su vez eliminan del sistema interrupciones momentáneas.

3.7 Tipos de pararrayos a utilizar para el proyecto

La inversión en un sistema de protección contra rayos protegerá el campus de la universidad del riesgo de recibir descargas de rayos. Además de la protección estructural, los pararrayos permitirán proteger los edificios y los equipos electrónicos del campus de los daños generados por descargas eléctricas.

Un sistema de protección contra rayos proporciona un medio para que esta descarga pueda entrar o salir de la tierra, sin pasar por las partes y conductores dañinos de una estructura, como las hechas de materiales de madera, ladrillo, azulejo o concreto. Cabe destacar que un sistema de pararrayos no impide que los rayos peguen, sin embargo, proporciona un medio para controlar y prevenir el daño al proporcionar una vía de baja resistencia para la descarga de la energía del rayo en la tierra. Mediante la aplicación del pararrayo ionizante alrededor del conductor de bajada, el mismo aislamiento que 1,000 mm de de separación de aire puede ser proporcionada. La ventaja es que este conductor de bajada se puede montar directamente en el mástil o estructura a ser protegidos sin electrificación

Un golpe directo a un edificio, cerca de una línea eléctrica o incluso una subida de tensión de origenación de la compañía de electricidad puede provocar un incendio en las cajas de panel de servicio eléctrico o puede dañar gravemente el equipo friendo el aislamiento y los componentes de microprocesadores sensibles. La tecnología combinada de protección estructural de los pararrayos puede minimizar los daños, al tiempo que proporciona el más alto nivel de protección de propiedades.

En este caso el funcionamiento de los pararrayos ionizantes de la marca ERITECH y su puesta a tierra ,asciende a un costo de \$8,158.82 (dolares americanos) cada uno, que asciende a un total de \$97.903; se basa en la

ionización del aire alrededor de una punta de “Franklin” mediante unos mecanismos electrostáticos que funcionan con el campo eléctrico que rodea al rayo, la implementación de estos pararrayos en la Universidad Católica será favorable ya que en el caso de una tormenta eléctrica, los parrayos ionizantes aumentarán su energía acumulada y la liberarán de forma masiva, ya que esta clase de pararrayos obtienen energía desde el campo eléctrico de la atmósfera. Los parrayos ionizantes tienen todas las características para que su implementación sea apropiada ayudando así a la protección de las construcciones y personas de la universidad. La aplicación del pararrayo IERITECH se basa en dos secciones:

Para una correcta instalación del sistema debe ser diseñado e instalado de acuerdo con los siguientes requisitos:

- Determinar la altura requerida del aire terminal para proporcionar protección. Método del ángulo de protección (PAM): El nivel requerido de protección contra rayos puede determinarse por evaluación de riesgos, o simplemente utilizando LPL I para la máxima protección.

Con esta información el diseñador debe determinar la altura mínima requerida de la punta terminal aérea por encima de la parte superior del mástil / artículos a proteger.

El mástil conductor de bajada aislado requiere un mínimo distancia de seguridad de 2 m.

- Determinar la longitud del conductor de bajada y seleccionar el nivel de protección contra la luz por lo que la distancia de separación no supere 1.000 mm.

La Figura No. 13 a continuación, muestra una imagen del pararrayo ionizante a utilizarse para el proyecto de sistemas contra descargas atmosféricas de la UCSG.

Figura 13 -Pararrayo Ionizante a implementar



Fuente: (Bionalcorp, 2014)

3.8 La puesta de tierra y resistividad del suelo

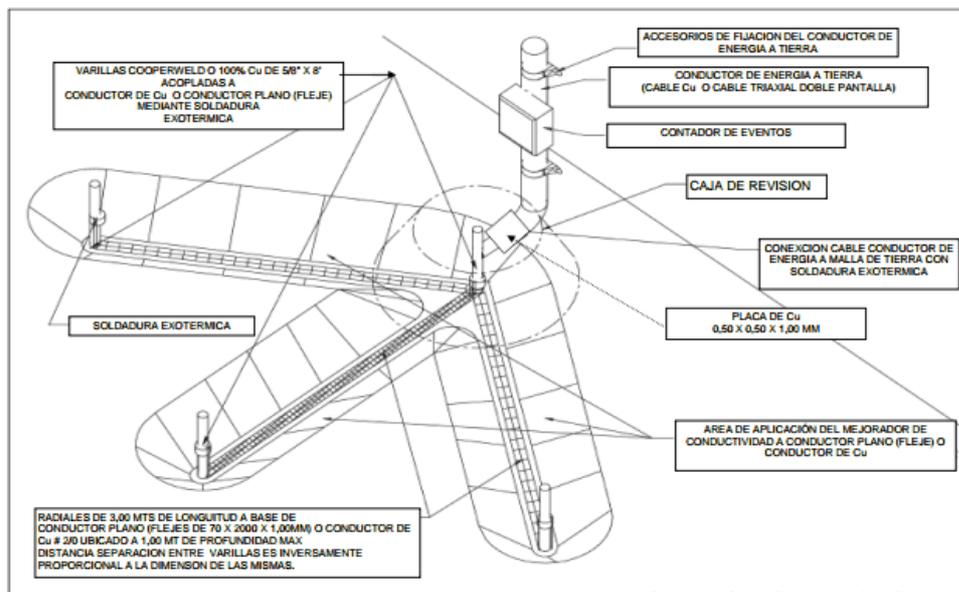
El sistema de puesta de tierra debe contar con una baja impedancia para dispersar la energía de la descarga atmosférica, estos sistemas son altamente variables dependiendo al sitio donde serán ubicados. Es de suma importancia que el pararrayos tenga resistencia de puesta a tierra muy baja, para poder cumplir con su finalidad, la instalación del pararrayo ionizante en la Universidad Católica no requiere métodos distintos a los de la punta de Franklin, debe utilizarse para las bajadas y tomas de tierra ya que cuenta con una punta receptora de cobre electrolítico conectada permanentemente a la tierra por medio de un conductor de bajada, para la adquisición de este tipo de pararrayos se contará con la empresa Bionalcorp como proveedor seleccionado. Es importante que la resistividad del terreno pueda verificarse en forma tan precisa como sea posible, ya que el valor de resistencia del electródo es directamente proporcional a la resistencia del suelo.

La puesta a tierra debe realizarse en base a las consideraciones propuestas cuando las líneas de escudo se instalan inicialmente, se hace un gran esfuerzo para asegurar que la impedancia de la torre de tierra es lo más bajo posible. Los motivos de una alta impedancia pueden provocar niveles de tensión importantes que aparezcan a lo largo de la torre y del conductor

durante un evento de impacto de un rayo, lo importante es que la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil cuenta con un suelo con una baja impedancia ya que esta ubicada en un terreno cultivable y fértil, y aparte es un suelo húmedo con una resistividad aproximada de 10 Ohms.

En la tabla a continuación podemos encontrar el diseño para la puesta a tierra del sistema de pararrayos a implementar.

Tabla 13 –Tipo de malla a utilizar para la puesta a tierra



Fuente: (Bienalcorp, 2014)

3.9 Ventajas y desventajas del pararrayos ionizante

Debido a que estos fenómenos como las tormentas eléctricas no pueden prevenirse, tanto las personas como los inmuebles tienen la necesidad de protegerse. La implementación de un sistema de pararrayos principalmente ayuda a la protección de las personas, la protección de los equipos eléctricos que comúnmente son de funcionamiento indispensable para las empresas y también son de alto costo; los pararrayos protegen a la infraestructura en general es decir a la construcción, evita los riesgos de un incendio y el impacto de energía electrodinámica.

Sin embargo, los pararrayos por el nivel de protección que mantienen, suelen ser de alto costo, tanto como el aparato y su instalación, debido a que hay

diferentes variables que se toman en cuenta al momento de realizar la instalación, como la resistencia del suelo, el lugar crítico etc,. Se determina como una desventaja más que nada el costo que este tiene puesto que por esta razón, las compañías o personas en general no se incitan a obtener este tipo de producto, menos aún el ionizante que es de un costo más elevado.

3.10 Levantamiento de los pararrayos ionzantes existentes y los sistemas de pararrayos por implementar

Considerando que el pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones o personas. Para la implementación de un pararrayos ionizante es necesario determinar los puntos claves o de “peligro” de la edificación. A continuación una imagen donde se especifica los lugares y puntos donde deben ser implementados los pararrayos.

Figura 14 -Levantamiento de pararrayos ionizantes existentes y sistemas de pararrayos por implementar



Fuente: (Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 2014)

Elaborado por: Autor

Realizando un análisis más específico de esta imagen, se puede determinar que únicamente existen 10 áreas que cuentan con pararrayos, las cuales se encuentran distantes, sin embargo, se recomienda que estos sean reemplazados por el mismo sistema de pararrayos ionizantes que se busca implementar. Así mismo, se pudieron reconocer los lugares claves donde se deberealizar la implementación de los pararrayos, de modo que se obtenga una mayor protección del campus. En total son 22 pararrayos los necesarios para la Universidad Católica.

3.11 Selección de áreas críticas

Debido a la ubicación que mantiene la universidad Católica, se realizó un estudio que dictaminó las áreas más susceptibles a sufrir daños en caso de presentarse una descarga atmosférica, como resultado de la investigación se determinaron las siguientes áreas donde se implementarán los 12 pararrayos adicionales tipo punta franklin, Nivel IV:

1. Facultad Técnica
2. Centro de Computo
3. Edificio Principal
4. Ingeniería
5. Centro de Idiomas
6. Arquitectura
7. Filosofía
8. Medicina
9. Odontología

3.12 Altura y cono de protección de pararrayos

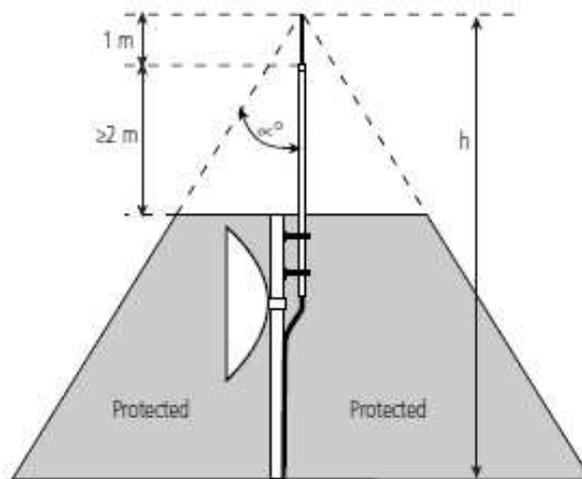
Tabla 14 - Ángulo de protección

NIVEL DE PROTECCION	h=20 metros	h=30 metros	h=45 metros	h=60 metros
I	25 grados			
II	35 grados	25 grados		
III	45 grados	35 grados		
IV	55 grados	45 grados	35 grados	25 grados

Elaborado: Autor

El pararrayo que planea implementar en la Universidad Católica es de 6 metros, por lo que el grado de protección es de nivel IV, es decir, este mantendrá una mayor resistencia en el momento que se ocasione una tormenta eléctrica.

Figura 15 - Cono de pararrayos



Fuente: (Bienalcorp, 2014)

La protección contra rayos ionizante se detalla para la protección de estructuras y equipos y se basa en garantizar la separación adecuada de aire que está provisto de un conductor de bajada al descubierto desde el objeto a proteger. Esta distancia se conoce como la "distancia de separación".

A continuación se detalla el análisis de implementación para cada área crítica:

1. Facultad Técnica - 1 pararrayo tipo ionizante

Área a proteger: Laboratorio de Telecomunicaciones y banco de transformadores que se encuentran dentro de esta facultad.

Para realizar el cálculo del radio de protección que brindara el pararrayos a ser implementado, se utiliza la altura del edificio más la altura del pararrayos

como tal, de acuerdo al cono de protección. Dado que se utilizara un pararrayos de nivel IV, se utiliza como referencia un ángulo de protección de 55 grados. Luego de obtener las variables mencionadas, se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo:

$$\tan \alpha = r/h$$

Esta fórmula implica despejar el radio, por lo cual se deberá multiplicar la tangente del ángulo (55 grados), por la altura.

El edificio de la facultad técnica tiene una altura de 3 metros; se utilizara un pararrayo de 6 metros, lo que nos da un total de altura de 9 metros, por lo tanto, este pararrayos nos dará un radio de protección de 12.85 metros.

En la figura No. 16 acontinuacion se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 16 – Facultad Tecnica



Elaborado por: Autor

2. Centro de Computo - 1 pararrayo tipo ionizante

El centro de cómputo es una zona muy crítica dentro del campus, ya que en él se controla toda la parte del sistema utilizado por la UCSG; además tiene en su interior una cantidad elevada de equipos electrónicos sensibles que pudieran averiarse o perderse en su totalidad en el caso en el que ocurriera un incidente eléctrico. En esta área, el pararrayo se situara en la parte más alta de la edificación, su altura total será de 12 metros (6 metros de edificación y 6 metros de pararrayos) y su cono de protección será de 17.13 metros, suficiente para abarcar a los dispositivos expuestos.

En la figura No. 17 se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 17– Centro de Cómputo



Elaborado por: Autor

3. Edificio Principal – 2 pararrayos tipo ionizante

Por la magnitud de las estructuras y la importancia que tiene este edificio para la UCSG, se considera necesaria la implementación de 2 pararrayos en la azotea del mismo. Realizando el cálculo con las variables expuestas anteriormente, el resultado es un cono de protección de 26 metros cada uno.

En la figura No. 18 se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 18 – Edificio Principal



Elaborado por: Autor

4. Centro de Idiomas - 1 pararrayo tipo ionizante

En esta área, el pararrayos deberá ubicarse en el decanato de la facultad debido a los equipos sensibles que alberga el departamento e información

muy importante que se mantiene tanto del personal docente como de los estudiantes. En base a la altura del edificio y la del sistema contra descargas atmosféricas a ser instalado, se calculó un radio de protección de 17.13 metros.

En la figura No. 19 a continuación se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 19 – Centro de Idiomas



Elaborado por: Autor

5. Ingeniería- 2 pararrayos tipo ionizante

En la facultad de ingeniería se propone la instalación de 2 pararrayos, ya que esa edificación tiene en su interior varios laboratorios que contienen equipos de medición de suelos, de estructuras, entre otros. Los pararrayos estarán estratégicamente situados a 12 metros para dar una mayor protección a los equipos que se utilizan en el mismo. Cada uno de los pararrayos nos dará un radio de protección de 17.13 metros.

En la figura No. 20 a continuación se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 20 – Facultad de Ingeniería



Elaborado por: Autor

6. Arquitectura- 1 pararrayo tipo ionizante

En esta facultad el pararrayos se instalará a 12 metros de altura, para obtener una mayor protección. En base al cálculo, el radio de protección de este sistema será de 17.13 metros.

En la figura No. 21 a continuación se puede observar el lugar donde irá ubicado el pararrayos, siempre en el lugar más alto a proteger.

Figura No. 21 – Facultad de Arquitectura



Elaborado por: Autor

7. Filosofía- 1 pararrayo tipo ionizante

La Facultad de Filosofía contiene información de alta importancia, ya que es aquella que salvaguarda la información relacionada con los exámenes de ingreso de los estudiantes de la UCSG. En esta facultad el pararrayos se instalará estratégicamente a 9 metros de altura, para proteger en lo mayor

posible a sus equipos. Este pararrayos, al igual que el de la facultad de ingeniería, dará un radio de protección de 12.85 metros.

En la figura No. 22 a continuación se puede observar el lugar donde irá ubicado el pararrayos, siempre en el lugar más alto a proteger.

Figura No. 22 – Facultad de Filosofía



Elaborado por: Autor

8. Medicina- 1 pararrayo tipo ionizante

Estará ubicado en el dispensario médico, ya que contiene equipos, de alto valor económico, que al sufrir sobretensiones pueden llegar a sufrir daños irreversibles. El pararrayo se situará en la parte más alta de la edificación, su altura total será de 15 metros (9 metros de edificación y 6 metros de pararrayos) y su cono de protección será 21.42 metros, suficiente para abarcar a los dispositivos expuestos.

En la figura No. 23 a continuación se puede observar el lugar donde irá ubicado el pararrayos, siempre en el lugar más alto a proteger.

Figura No. 23 – Facultad de Medicina



Elaborado por: Autor

9. Odontología- 1 pararrayo tipo ionizante

Esta es una de las facultades que a través de los años ha tenido una expansión considerable, y pesar de eso, no se ha implementado un sistema de protección contra descargas atmosféricas; a pesar de que dentro de esta se albergan una variedad de equipos odontológicos de un valor económico muy alto. En base a lo antes expuesto, se implementara un sistema con un radio de protección de de 21.42 metros.

Es en estas áreas donde se necesita la implementación de parrarayos para salvaguardar la seguridad de la infraestructura los maestros y estudiantes.

En la figura No. 24 acontinuacion se puede observar el lugar donde ira ubicado el pararrayos, siempre en el lugar mas alto a proteger.

Figura No. 24 – Facultad de Odontologia



Elaborado por: Autor

3.13 Conexiones de prueba

Se recomienda que las pruebas se realicen en las unidades de pararrayos individuales en lugar de que estas sean realizadas de una pila completa de sobretensiones de múltiples unidades. Una sola unidad de sobretensiones puede ser probada, basándose en la prueba normal de la muestra sin conexión a tierra. Para las conexiones de prueba y secuencia de pruebas de pararrayos se debe considerar:

- Cuando se prueba en el campo, se debe desconectar el bus de alta tensión vinculado desde el pararrayos.
- Se debe conectar un cable de tierra de la prueba a la estructura de soporte de acero del pararrayo.
- Al conectar el cable de alta tensión, debe asegurarse de que el cable se extiende hacia afuera del descargador.

3.14 Procedimiento de la prueba

Se deben tener en cuenta en todo momento las reglas de seguridad cuando se realizan las pruebas de factor de potencia, las cuales son extremadamente sensibles a las condiciones de la intemperie. Las pruebas deben llevarse a cabo en condiciones favorables siempre que sea posible.

Las mediciones en los pararrayos siempre se deben realizar en base a una tensión de prueba recomendada, ya que los elementos no lineales pueden ser construidos en un descargador. Excepto para el propósito específico de fuga superficial, la superficie expuesta de un aislamiento de pararrayos debe estar limpia y seca para evitar que cualquier fuga pueda influir en las mediciones.

3.15 Resultados de la prueba

Para todas las pruebas de factor de potencia, más la información registrada en el momento de la prueba se asegurará la mejor comparación de los resultados en la siguiente prueba de rutina. Los datos de prueba deben ser comparados con la fábrica o la placa de identificación de datos si están disponibles. Si no hay datos disponibles, comparar los resultados de las

pruebas con el mismo pararrayos y resultados de pruebas similares sobre descargadores similares.

La siguiente información adicional se debe registrar en el formulario de prueba.

Registre toda la información de la placa del pararrayos. Así como también, cualquier conexión o condiciones especiales de prueba o inusuales.

Identificar cada conjunto de lecturas con el número de serie de sobretensiones.

Tensión de prueba real de grabación, vatios, factor de potencia y capacitancia. Corrija la corriente y vatios a una tensión de prueba de 2,5 kV o 10kV estándar.

Los pararrayos están a menudo valorados sobre la base de la pérdida de vatios. Para obtener el equivalente de 10 kV vatios de pérdida de una medición de capacitancia y factor de potencia, se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Pérdida Watts} = \text{CPF} \times \% \text{ DF} \times 377 \times 10^{-6} \text{ (60 Hz)}$$

$$\text{Pérdida Watts} = \text{CPF} \times \% \text{ DF} \times 314 \times 10^{-6} \text{ (50 Hz)}$$

Dónde: CPF = capacidad en picofaradios

% = Porcentaje de disipación DF (factor de potencia)

Se considera la temperatura ambiente de grabación y la humedad relativa y una indicación general de las condiciones meteorológicas en el momento de la prueba.

En varias unidades el descargador apila las lecturas de pérdida de UST que pueden ser menos que los descargadores de prueba en el modo GST porque las corrientes parásitas no afectan los resultados de las pruebas de UST.

Valores superiores a pérdidas normales podrían ser los resultados de suciedad o humedad tanto en la superficie interior y exterior de la porcelana,

porcelana agrietada o rota, los depósitos de sal y la contaminación en general. Valores más bajos que los resultados esperados de la prueba podría demostrar las resistencias en derivación abiertas o elementos pre-ionizantes defectuosos. Los resultados de pérdida diferirán entre fabricantes y estilo de descargadores.

3.16 Instalación del pararrayo

Es importante recordar que la punta del pararrayos debe estar situado a dos metros por encima de la zona que protege, como mínimo, incluyendo antenas, torres de enfriamiento, techos y depósitos.

- Instalación de dos o más conductores de bajada para cada instalación de pararrayos.
- Las antenas receptoras (TV, radio, teléfono) deben estar conectados por medio de vías de chispas a los conductores de bajada de las instalaciones de pararrayos.
- Los cables coaxiales de las antenas debe ser protegido con un dispositivo contra sobretensiones.
- Los elementos metálicos que se elevan por encima del techo se deben conectar al más cercano conductor de bajada.
- La trayectoria del conductor de bajada debe ser lo más recto posible y seguir el camino más corto posible, evitando cualquier capa bruscos o superestructuras.
- En los acodos, la curvatura del radio no deben ser inferiores a 20 cm.
- El cable conductor debe ser colocado fuera del edificio (cuando sea posible), evitando la proximidad de conductores eléctricos o de gas.
- Se recomienda la conexión a tierra tiene una arqueta de registro disponibles para llevar a cabo inspecciones periódicas.
- El caso de registro (o, en su ausencia, el cable conductor) deben estar provistos de un interruptor de desconexión de sistema que permite la desconexión de la conexión a tierra con el fin de medir su resistencia.

- La resistencia de la puesta a tierra debe ser tomada lo más baja posible (menos de 10 ohmios). El valor se mide en el suelo insultado de todos los otros elementos de la naturaleza conductora.
- Es aconsejable conectar la puesta a tierra de los pararrayos con el sistema de puesta a tierra general del edificio que está diseñado para proteger.
- Se recomienda añadir compuesto mineral para mejorar la conductividad del terreno.

3.17 Presupuesto unitario del pararrayo ionizante con puesta a tierra

		SERVICIOS DE MEDICIONES DE RESISTIVIDAD GEOELECTRICA DE TERRENOS CALCULO Y DISEÑO SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA MEDICIONES Rspat (RESISTENCIA PUESTA A TIERRA) SOLDADURA EXOTERMICA, VARILLAS, ELECTRODOS, MEJORADOR CONDUCTIVIDAD, PARARRAYOS, SUPRESORES DE TRANSIENTES, BALIZAS LED Y SOLARES, TORRES ANODOS DE SACRIFICIO Y ACCESORIOS PROTECCION CATODICA, PLATINAS, VARILLAS Y FLEJES DE Cu			
CLIENTE: ING. ANGEL ALAVA DIRECCION: GUAYAQUIL		PROFORMA: 14-181 FECHA: 09/01/2014			
1 PARARRAYOS Y SISTEMA DE TIERRA PARA LABORATORIO					
DESCRIPCION		QTY.	UNIT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PARARRAYOS (1 UND)					
1	PARARRAYOS ERICO MODELO TIPO PUNTA FRANKLIN	1	UNIT	\$1.900,00	\$1.900,00
2	CABLE ERICORE TRIAXIAL DOBLE APANTALLAMIENTO 230Kv	15	MTS	\$85,00	\$1.275,00
3	UT KIT (ACOPLE PUNTA TERMINAL SUPERIOR PARA CABLE TRIAXIAL)	1	UNIT	\$780,00	\$780,00
4	MASTIL FIBER GLASS 63MM X 4,80 MTS	1	UNIT	\$450,00	\$450,00
6	ACOPLE NYLON PARARRAYOS / MASTIL	1	UNIT	\$72,22	\$72,22
7	BASE RIGIDA GALVANIZADA 0,30 X 0,30 MTS C/ SOPORTE RIGIDO GALV 2" X 3,00 MTS	1	UNIT	\$145,00	\$145,00
8	ACCESORIOS DE MONTAJE BASE PARARRAYOS Y CABLE ERICORE	1	KIT	\$150,00	\$150,00
				SUBTOTAL	\$4.772,22
MALLA DE PUESTA A TIERRA PARARRAYO					
1	CABLE Cu DESNUDO # 1/0	10	MTS	\$10,56	\$105,60
2	FUSION DE CABLE TRIAXIAL A MALLA DE TIERRA	1	PTOS	\$20,00	\$20,00
3	FUSION DE VARILLA 5/8" A CABLE # 4/0	4	PTOS	\$20,00	\$80,00
4	VARILLA COOPERWELD 5/8" X 8'	4	UNIT	\$18,50	\$74,00
6	FUSION DE CABLE 1/0 A CABLE 1/0	4	PTOS	\$20,00	\$80,00
7	FUSION DE CABLE 1/0 A ESTRUCTURA	1	PTOS	\$20,00	\$20,00
8	MY GEM (MEJORADOR DE CONDUCTIVIDAD) X 11,5 Kg	6	SAC	\$23,00	\$138,00
9	EXCAVACION, RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS	1	GBL	\$380,00	\$380,00
#	CAJA DE REVISION ERICO T416B	1	UNIT	\$125,00	\$125,00
				SUBTOTAL	\$1.022,60
1	MANO DE OBRA MONTAJE MALLAS Y PARARRAYOS	1	GBL	\$1.200,00	\$1.200,00
2	MEDICION DE Rspat DE MALLA CON REPORTE GRAFICO	1	UNIT	\$100,00	\$100,00
3	DIRECCION TECNICA E IMPREVISTOS	1	GBL	\$1.064,00	\$1.064,00
VALOR INCLUYE				SUB-TOTAL	\$8.158,82
SUMINISTRO DE EQUIPOS, MANO DE OBRA MONTAJE					

Tabla No. 15 Presupuesto unitario del pararrayo ionizante y su sistema de puesta a tierra

Fuente : (Bienalcorp, 2014)

3.17.1 Lista de Accesorios para la implementación del parrayo ionizante a utilizar en las diferentes áreas críticas de la UCSG.

- Pararrayo ionizante ERICO modelotipo punta franklin :
Sistema de protección contra la caída de rayos , con una tecnología avanzada que permiten que la captura del rayo sea fiable.
- CABLE ERICORE triaxial doble apallantamiento:
Cable bajante del sistema de pararrayos a la puesta tierra, con una capacidad de apallantamiento de 230 Kv.
- UT KIT :
Es un acople de punta terminal superior para el cable triaxial.
- Mástil de Fibra de vidrio 63MM x 6.00 Mts:
Soporte del parrayos.
- Acople nylon pararrayos:
Los soportes del mástil de fibra de vidrio.
- Base rígida galvanizada 0.30 x 0.30mts c/soporte rígido galvanizado 2" x 6,00mts:
Es en si la Estructura para soportar el mástil de fibra de vidrio.
- Accesorios de montaje base pararrayos y cable ERICORE:
Cualquier material o soportes que puedan llegar a necesitar como codos, soportes del conductor etc.
- Cable Cu desnudo # 1/0
Para hacer la mallade puesta a tierra entre las varillas de cooperweld.
- Fusión de cable triaxial a malla de tierra
Soldadura exotérmica entre el cable y la malla
- Varilla de cooperweld 5/8"x 8'
Estos son los tipos de electrodos a utilizar en la puesta a tierra de cada pararrayo
- Excavación , Relleno y compactación de zanjas
- Caja de revisión ERICOT416B
Siempre necesario para cualquier anomalía que haya entre el cable Ericore y la malla de puesta a tierra

3.17.2 Resumen de cotización

La cotización para instalación del sistema previamente mencionado se realizó con la compañía Bienalcorp S.A., Protecciones e Innovaciones Eléctricas, cuya matriz se encuentra ubicada en Kennedy Norte, Av. Eleodoro Arboleda y Francisco RodríguezMz. 305 Solar 18. Esta empresa fue fundada en el año 1999 por ingenieros ecuatorianos, y se dedica 100% al diseño, cálculo y montaje de sistemas de protección atmosférica (pararrayos).

La cotización se divide en tres partes: el costo del pararrayos como tal, y sus componentes; cableado y materiales adicionales necesarios para su instalación; y finalmente, mano de obra requerida. Se observa que el pararrayos y sus componentes tienen un costo que asciende casi a los \$6,000. El segundo rubro de mayor importancia es el de la mano de obra, que corresponde a \$2,000 aproximadamente.

GLOSARIO DE DEFINICIONES

Troposfera: Es aquella capa de la atmósfera terrestre que está en roce con la superficie de la Tierra.

Voltaje disruptivo: Es el mínimo voltaje que produce una perforación debido al alto paso de corriente, comunmente es conocido como el voltaje de perforación.

Voltaje: Es la diferencia del potencial eléctrico entre dos puntos expresada en la unidad de voltios.

Suelo: Es llamado suelo a la capa superior de tierra, puede desintegrarse o tener alteraciones químicas y físicas.

Mitigación: Es la prevención a cualquier etapa de la vida que puede ser causado por un evento no fortuito.

Corriente Eléctrica: Es la cantidad de flujo de cargas eléctricas que recorre un tipo de material en una unidad de tiempo. La corriente también es llamada como intensidad.

Eritech: Marca de pararrayos ionizantes a utilizar en el proyecto.

Líneas de tensión: También son denominadas líneas isostáticas o trayectorias de tensión, son curvas cuya tangente en un punto cualquiera proporciona la dirección de una de las tensiones principales en ese punto. Por otra parte, una línea de alta tensión es el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión. Las líneas de alta tensión se dividen en cuatro categorías (3era, 2da, 1era y especiales, dependiendo de su tensión nominal).

Rayos Gamma: Son radiaciones electromagnéticas tipo ondas que se generan, en gran parte, por elementos radioactivos o procesos subatómicos. Este tipo de radiación también puede ser producida en fenómenos

astrofísicos de gran magnitud. En general, los rayos gamma producidos en el espacio nunca llegan a la superficie de la Tierra, debido a que son absorbidos en la parte alta de la atmósfera.

Núcleo: Un núcleo atómico es la parte central de un átomo que contiene la mayor parte de la masa y está cargado positivamente.

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.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los rayos son fenómenos naturales que se originan cuando las condiciones normales del tiempo se ven afectadas por fenómenos atmosféricos que generan descargas ya sea continuas o intermitentes de electricidad.
- Existen una variedad de sistemas para la protección contra rayos, dentro de los cuales se escogió a los pararrayos ionizantes en lugar de los convencionales ya que brindan una mayor área de protección a un costo menor.
- En base a las entrevistas realizadas se pudo identificar la percepción del segmento de estudio analizado, en relación al sistema actual contra descargas eléctricas con el que cuenta la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Los resultados confirmaron no solo la necesidad de estudio realizado sino la calidad y actual protección que pueden brindar los pararrayos existentes, cuyo mantenimiento y ubicación fue cuestionado, ya que la mayoría de los encuestados considero que los mismos no se encuentran ubicados en la totalidad de las áreas críticas del campus, por lo que consecuentemente no proporcionan la protección necesaria del caso.
- Los pararrayos actualmente instalados, que ascienden a un total de 10, fueron instalados ya hace algunos años, tiempo en el que el campus realizó algunas modificaciones y ampliaciones, principalmente en edificaciones. Adicional a las modificaciones en mención, se puso en tela de duda el poco, o nulo mantenimiento que se le ha realizado a las estructuras contra descargas atmosféricas, por lo cual no es claro si realmente se encuentran en óptimas

condiciones para brindar la protección para la cual fueron implementadas.

- Claramente existe la necesidad de que el funcionamiento y desempeño de los pararrayos existentes en el campus de la universidad sea verificado, y en caso de ser requerido, los mismos sean cambiados; preferiblemente utilizando el sistema propuesto, y que además se implementen 12 pararrayos en otras zonas, identificadas como críticas, con la finalidad de mitigar el riesgo de impactos que pueden darse ante algún fenómeno atmosférico.

Recomendaciones

- En base al estudio realizado, se recomienda que se implementen los pararrayos en las zonas críticas sugeridas, ya que son puntos estratégicos donde podría existir mayor pérdida económica no solo de la infraestructura, sino de los equipos dentro de las mismas; por lo que el riesgo es considerado mayor.
- Es recomendable realizar un análisis más exhaustivo en relación al funcionamiento y desempeño del actual sistema contra descargas atmosféricas, el cual probablemente no ha recibido ningún tipo de mantenimiento o verificación, de manera que se establezca la utilidad del mismo, y de ser necesario, sea reemplazado por el nuevo modelo propuesto.
- Se recomienda que, posterior a la implementación de los 12 nuevos pararrayos ionizantes, se elabore un plan de mantenimiento preventivo continuo para evitar el deterioro de estos equipos tan importantes para la seguridad del campus, los estudiantes y profesionales que laboran dentro de las instalaciones.

Bibliografía

- Alcalde, P. (2010). *Electrónica aplicada*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Bienalcorp. (12 de Agosto de 2014). *Bienalcorp*. Recuperado el 15 de Agosto de 2014, de Pararrayos: <http://www.bienalcorp.com/site2/interna.html>
- Bustos, E. (2010). *La composición nominal en español*. España: Universidad de Salamanca.
- Celis, G. (2009). *Mecánica estructural. Estática*. México: Universidad Iberoamericana.
- De la Vega, M. (2009). *Problemas de ingeniería de puesta a tierra*. México: Editorial Limusa.
- del Castillo, Á. (2008). *18 Axiomas Fundamentales de la Investigación de Mercados*. La Coruña: Netbiblo.
- Diario El Universo. (07 de mayo de 2014). Cuatro muertos y clases suspendidas deja torrencial aguacero en Guayaquil. *Noticias*, pág. 12.
- Diario Expreso. (18 de Febrero de 2014). Tormentas eléctricas en Guayaquil. *Diario Expreso*, págs. 6-8.
- Escudero, J. (2009). *Manual de energía eólica*. Madrid: Mundi- Prensa Libros.
- Fink, D. (2009). *Manual práctico de electricidad para ingenieros*. New York: McGraw-Hill.
- Fink, D., Wayne, H., & Carroll, J. (2009). *Manual práctico de electricidad para ingenieros*. España: REVERTÉ, S.A.
- Fournier, L. (2003). *Recursos naturales*. Costa Rica: EUNED.
- Franklin, B. (2009). *Un genio norte americano*. New York: Graphic Library.
- Gómez, I. R. (2010). *DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRAS*. México: Ruel S.A León Gto.
- Marcombo S.A. (1992). *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona: INGOPRINT S.A.
- Mezzanotte, J. (2011). *Tormentas eléctricas*. Estados Unidos: Gareth Stevens.
- Moreno, J., García, C., & Lasso, D. (2010). *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Madrid: PLC MADRID.

- Nautica. (2010). *Rayos y centellas*. Federal: Sección de Electricidad.
- Oxford Dictionaries. (3 de Agosto de 2012). *Language Matters*. Obtenido de Fórmula:
<http://www.oxforddictionaries.com/us/definition/spanish/f%C3%B3rmula>
- Perelló, S. (2011). *Metodología de la investigación social*. Madrid: Librería-Editorial Dykinson.
- Preston, D. (2012). *Blasfemia*. España: Penguin Random House .
- Raizman, S. (2 de Octubre de 2011). *Caracterización del nivel cerámico de venezuela a partir de un sistema de detección de descargas* . Obtenido de caracterización del nivel cerámico de venezuela a partir de un sistema de detección de descargas :
<http://prof.usb.ve/jhvivas/doc/pub/paper78final.pdf>
- Ramírez, I., Martínez, J., Fuentes, J., García, E., Fernandez, L., & Zorzano, P. (2009). *Problemas resueltos de sistemas de energía eléctrica*. Madrid: Thomson Editores.
- Ramírez, J. (2009). *Guía práctica para el mantenimiento de Viviendas*. Cali: THE BROTHERS DEL VALLE .
- Rojas, R. (2008). *Investigación social: teoría y praxis*. México, D.F.: Plaza y Valdes.
- Ruiz, D. (2013). *Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipo y máquinas industriales*. Málaga: IC Editorial.
- Salazar, K. (23 de Febrero de 2009). *Definición ABC*. Recuperado el 13 de Agosto de 2014, de Definición ABC:
<http://www.definicionabc.com/tecnologia/tabla.php>
- Sol 90. (2014). *Gran atlas de la ciencia*. Buenos Aires: Sol 90.
- Tolcachier, A. (2013). *Protección sobre sobretensiones*. Zurich: ABB Group.
- Universidad Católica Santiago de Guayaquil. (2014). *Plano general*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- www.scielo.cl. (3 de Marzo de 2010). *www.scielo.cl*. Recuperado el 13 de Agosto de 2014, de www.scielo.cl: www.scielo.cl