



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE FÍSICA

**“DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE NIEBLA PARA USO
DIDÁCTICO”.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Integrador

Presentado para optar al grado académico de:

FÍSICO

AUTOR: LUIS BRAYAN MERA LANDETA

DIRECTORA: Biof. VILMA NOHEMÍ YANCHAPANTA BASTIDAS MSc.

RIOBAMBA - ECUADOR

2021

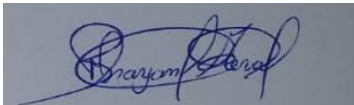
©2021, Luis Brayan Mera Landeta

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Luis Brayan Mera Landeta, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de agosto de 2021

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Luis Brayan Mera Landeta'.

Luis Brayan Mera Landeta

050393571-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Integrador, “**DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE NIEBLA PARA USO DIDÁCTICO**”, realizado por el señor: **LUIS BRAYAN MERA LANDETA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Mat. Luis Marcelo Cortez Bonilla.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

19 de agosto de 2021

Biof. Vilma Nohemí Yanchapanta Bastidas MSc

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

19 de agosto de 2021

Dr. Richard Willians Pachacama Choca

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

19 de agosto de 2021

DEDICATORIA

A mis padres y hermana que siempre me han apoyado durante todos estos años, quienes a su vez son un pilar fundamental en el desarrollo de mi vida personal y académica, y que gracias a ellos puedo cumplir con una de mis metas propuestas, el de ser un profesional digno para servir a mi país.

Luis

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de seguir con vida y culminar la Carrera de Física, sobre todo que mi familia pueda presenciar de este logro. El más sincero agradecimiento a mi tutora Biof. Vilma Yanchapanta Bastidas por ese apoyo incondicional recibido para desarrollar de la mejor manera este trabajo de titulación.

Luis

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1. Radiación ionizante y el ser humano	6
1.2. Procesos de interacción de la radiación ionizante	6
1.2.1. <i>Interacción de la radiación indirectamente ionizante con la materia</i>	6
1.2.1.1. <i>Efecto Compton</i>	6
1.2.1.2. <i>Efecto Fotoeléctrico</i>.....	7
1.2.1.3. <i>Creación de pares</i>.....	7
1.2.2. <i>Interacción de partículas cargadas con la materia</i>	7
1.2.2.1. <i>Colisión elástica</i>	7
1.2.2.2. <i>Colisión inelástica</i>	7
1.2.2.3. <i>Colisión radiactiva</i>	8
1.2.2.4. <i>Radiación de frenado</i>.....	8
1.3. Cámara de niebla	8
1.4. Tipos de cámara de niebla	8
1.4.1. <i>De expansión</i>	8
1.4.2. <i>De difusión continua</i>	9
1.4.2.1. <i>Proceso de ionización en la cámara de niebla</i>.....	9
1.4.2.2. <i>Condensación del vapor y la ionización</i>	10
1.4.2.3. <i>Gradiente de temperatura y producción del ambiente sobresaturado</i>	11
1.4.2.4. <i>Iluminación</i>	11
1.4.2.5. <i>Función del alcohol isopropílico</i>.....	11
1.5. Trazas generadas en la cámara de niebla al interaccionar la radiación ionizante.....	11
1.5.1. <i>Partículas básicas</i>	11

1.5.1.1.	<i>Partículas alfa</i>	11
1.5.1.2.	<i>Electrones</i>	12
1.5.1.3.	<i>Fotoelectrones</i>	12
1.5.1.4.	<i>Electrones Beta</i>	13
1.5.1.5.	<i>Protones</i>	13
1.5.1.6.	<i>Producción de pares</i>	14
1.5.2.	<i>Partículas raras</i>	14
1.5.2.1.	<i>Muones</i>	14
1.5.2.2.	<i>Lluvia de rayos cósmicos</i>	15
1.5.3.	<i>Partículas muy raras</i>	15
1.5.3.1.	<i>Kaón</i>	15
1.5.3.2.	<i>Descomposición de muones</i>	16
1.5.3.3.	<i>Partículas Oh My Good</i>	16
1.6.	Bases legales	17

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	18
2.1.	Diseño de la investigación	18
2.1.1.	<i>Tipo y diseño de la investigación</i>	18
2.1.2.	<i>Unidad de análisis</i>	18
2.1.3.	<i>Población y muestra</i>	18
2.1.3.1.	<i>Población</i>	18
2.1.3.2.	<i>Muestra</i>	19
2.1.4.	<i>Localización</i>	19
2.2.	Equipos y materiales usados para la toma de datos	22
2.2.1.	<i>Construcción de la cámara de niebla</i>	22
2.2.1.1.	<i>Ensayo 1 (Caja Petri)</i>	22
2.2.1.2.	<i>Ensayo 2 (Vaso de vidrio)</i>	23
2.2.1.3.	<i>Ensayo 3 (Pecera mediana)</i>	24
2.2.2.	<i>Deducciones para la construcción de la cámara de niebla</i>	24
2.2.3.	<i>Identificación de las variables</i>	25
2.2.4.	<i>Planteamiento de la hipótesis</i>	25
2.2.5.	<i>Cámara definitiva para la toma de datos</i>	25
2.2.6.	<i>Cámara de niebla construida</i>	27
2.2.7.	<i>Especificaciones técnicas</i>	27
2.2.8.	<i>Equipos y software</i>	29

2.2.9.	<i>Ficha técnica</i>	29
2.2.10.	<i>Funcionamiento</i>	29
2.3.	Técnicas para la recolección de datos	30
2.3.1.	<i>Identificación de las partículas en los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi</i>	30
2.3.2.	<i>Identificación de partículas con 3 fuentes radiactivas (Sr-90, Na-22, U-238)</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
3.1.	Análisis de resultados	33
3.1.1.	<i>Identificación de las partículas que interaccionaron con la cámara de niebla procedentes de la radiación cósmica o de fuentes radiactivas</i>	33
3.1.1.1.	<i>Protón</i>	33
3.1.1.2.	<i>Muón</i>	34
3.1.1.3.	<i>Kaón</i>	34
3.1.1.4.	<i>Electrón beta</i>	35
3.1.1.5.	<i>Electrón</i>	36
3.1.1.6.	<i>Producción de pares</i>	36
3.1.1.7.	<i>Partícula alfa</i>	37
3.1.1.8.	<i>Fotoelectrones</i>	37
3.1.1.9.	<i>Rayos cósmicos</i>	38
3.1.2.	<i>Cantidad y tipo de partículas obtenidas en los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi</i>	38
3.1.3.	<i>Cantidad y tipo de partículas obtenidas con las 3 fuentes radiactivas</i>	43
3.1.4.	<i>Influencia de la temperatura en la cámara de niebla</i>	46
3.1.5.	<i>Influencia del tiempo en la cámara de niebla</i>	48

CONCLUSIONES	51
--------------------	----

RECOMENDACIONES	52
-----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Coordenadas y altitud de los 4 puntos de estudio.....	19
Tabla 2-2:	Tiempos y sucesos ocurridos en la cámara de niebla.....	24
Tabla 3-2:	Especificaciones técnicas de la cámara de niebla construida.	28
Tabla 4-2:	Equipos utilizados para la toma de datos	28
Tabla 5-2:	Características específicas de las partículas ionizantes según la traza.....	31
Tabla 1-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en El Cotopaxi.....	39
Tabla 2-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en Los Illinizas	40
Tabla 3-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en El Quilotoa.....	41
Tabla 4-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes con el Na-22.	43
Tabla 5-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes con el Sr-90.	44
Tabla 6-3:	Número total de las 8 partículas ionizantes con el U-238.....	44
Tabla 7-3:	Temperatura promedio de la placa metálica ubicada en la cámara de niebla.....	46
Tabla 8-3:	Temperatura ambiente promedio de los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi....	46
Tabla 9-3:	Comparación de resultados del tipo y número de partículas con diferentes altitudes.....	49
Tabla 10-3:	Comparación de resultados del tipo y número de partículas con diferentes fuente.....	49
Tabla 11-3:	Comparación de temperaturas en diferentes lugares.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Relación entre la energía perdida de la partícula A y la B.....	10
Figura 2-1.	Representación de una línea ancha y brillante dibujada por la partícula alfa.....	12
Figura 3-1.	Trazas finas y rectas dibujadas por el electrón.....	12
Figura 4-1.	Representación de un fotoelectrón con trayectoria curva.....	13
Figura 5-1.	Representación del electrón β con trayectoria semicurva.....	13
Figura 6-1.	Trayectoria recta y gruesa de un protón.....	14
Figura 7-1.	Representación de la producción de pares mediante trazas cortas en forma de V.....	14
Figura 8-1.	Trazas largas y semigruesas de un muón.....	15
Figura 9-1.	Representación de la lluvia cósmica en forma de trazas finas y en toda la cámara.....	15
Figura 10-1.	Trazas ionizantes de la partícula kaón con sus quark, antiquarks y pion.....	16
Figura 11-1.	Representación de un muón en forma de L.....	16
Figura 12-1.	Traza grande y brillante generada por la partícula Oh-My-Good.....	17
Figura 1-2.	Ubicación geográfica de Los Illinizas en donde se colocó la cámara de niebla.....	20
Figura 2-2.	Ubicación geográfica de El Cotopaxi en donde se colocó la cámara de niebla.....	20
Figura 3-2.	Ubicación geográfica del Quilotoa en donde se colocó la cámara de niebla.....	21
Figura 4-2.	Ubicación geográfica de ESPOCH en donde se colocó la cámara de niebla.....	21
Figura 5-2.	Prototipos construidos para los 3 ensayos.....	22
Figura 6-2.	Prueba en la caja Petri.....	23
Figura 7-2.	Prueba en el vaso de vidrio.....	23
Figura 8-2.	Prueba en la pecera, se evidencia la neblina.....	24
Figura 9-2.	Caja de madera y aislante de espuma Flex.....	25
Figura 10-2.	Placa metálica de acero inoxidable.....	26
Figura 11-2.	Pecera de vidrio y estructura metálica.....	26
Figura 12-2.	Instalación de la luz neblinera y el sensor de temperatura en la placa.....	26
Figura 13-2.	Cámara web instalada a la estructura metálica.....	27
Figura 14-2.	Cámara de niebla “construida”.....	27
Figura 15-2.	Ficha técnica utilizada para recolectar datos.....	29
Figura 1-3.	VGDÍA2-EL COTOPAXI, (0:14:36).....	34
Figura 2-3.	VGDÍA4-EL COTOPAXI, (0:34:45).....	34
Figura 3-3.	VGDÍA8-EL COTOPAXI, (0:19:49).....	35
Figura 4-3.	VGDÍA13-LOS ILLINIZAS, (0:08:28).....	35
Figura 5-3.	VGDÍA1-LOS ILLINIZAS, (0:55:47).....	36
Figura 6-3.	VGDÍA4-EL COTOPAXI, (0:22:07).....	37

Figura 7-3.	VGSODIO-ESPOCH, (0:03:35).....	37
Figura 8-3.	VDÍA9-EL QUILOTOA, (0:12:02).....	38
Figura 9-3.	VDÍA12-LOS ILLINIZAS, (0:15:46).....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Partículas ionizantes detectadas a diferentes altitudes.....	42
Gráfico 2-3. Partículas ionizantes detectadas con diferentes fuentes.....	45
Gráfico 3-3. Temperaturas obtenidas por la placa metálica en intervalos de tiempo.....	47
Gráfico 4-3. Temperatura ambiente promedio de los 3 lugares de estudio.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE NIEBLA
- ANEXO B:** COMPROBACIÓN DE LA CÁMARA DE NIEBLA CON (Na-22, Sr-90, U-238)
- ANEXO C:** DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN EL COTOPAXI
- ANEXO D:** DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN LOS ILLINIZAS
- ANEXO E:** DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN EL QUILOTOA
- ANEXO F:** CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN EL COTOPAXI MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS
- ANEXO G:** CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN LOS ILLINIZAS MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS
- ANEXO H:** CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN EL QUILOTOA MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS
- ANEXO I:** CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES POR CADA FUENTE RADIATIVA CON UN SOLO INTERVALO DE 15 MINUTOS.
- ANEXO J:** TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DE LOS ILLINIZAS DURANTE LOS 6 DÍAS
- ANEXO K:** TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DEL COTOPAXI DURANTE LOS 6 DÍAS
- ANEXO L:** TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DEL QUILOTOA DURANTE LOS 6 DÍAS
- ANEXO M:** GUÍA DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES CON LA CÁMARA DE NIEBLA.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de integración curricular fue detectar partículas ionizantes en tres puntos seleccionados de la provincia de Cotopaxi: El Quilotoa, Los Illinizas y El Cotopaxi, con altitudes de 3874 msnm, 4110 msnm y 4525 msnm respectivamente, mediante la construcción de una cámara de niebla, que dibuja ciertas trazas en su interior, producto de distintos rayos cósmicos al pasar por el medio sensible. Para la comprobación del correcto funcionamiento del equipo se expusieron a tres fuentes radiactivas: Na-22, Sr-90 y U-238. La identificación de las estelas generadas en el equipo se llevó a cabo gracias al método de observación directa de 21 videos grabados. Se estudiaron principalmente las trazas generadas a diferentes altitudes, en donde se realizó un conteo de las partículas ionizantes a intervalos de 15 minutos durante los seis días de estudio por cada lugar. Además, se evaluó la influencia de la temperatura del equipo, así como también la temperatura ambiental, dadas en las tres zonas de investigación. Para el análisis de estas variables se utilizó la estadística descriptiva, dando como resultado que, entre mayor altitud exista, mayor probabilidad de exposición a los rayos cósmicos se tendrá. Para obtener una gradiente de temperatura adecuada, es necesario que la temperatura del equipo supere los -40 grados Celsius y la ambiental sobrepase los 0 grados Celsius. Se concluye que se pudieron cuantificar e identificar las partículas ionizantes en la cámara de niebla en los diferentes puntos de estudio. La cámara de niebla reposa en el laboratorio de técnicas nucleares de la Facultad de Ciencias para el uso didáctico de los estudiantes de la ESPOCH. Se recomienda instalar un campo magnético en este equipo para poder distinguir los electrones de los positrones presentes en el ambiente.

Palabras claves: <CAMARA DE NIEBLA>, <PARTÍCULAS IONIZANTES>, <TRAZAS O ESTELAS>, <RAYOS CÓSMICOS>, <FUENTES RADIATIVAS>, <GRADIENTE DE TEMPERATURA>.



1701-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this curricular integration work was to detect ionising particles in three selected points in the province of Cotopaxi: El Quilotoa, Los Illinizas and El Cotopaxi, with altitudes of 3874 masl, 4110 masl and 4525 masl respectively, by means of the construction of a fog chamber, which draws certain traces in its interior, product of different cosmic rays when passing through the sensitive medium. To check the correct functioning of the equipment, they were exposed to three radioactive sources: Na-22, Sr-90 and U-238. The identification of the trails generated in the equipment was carried out by direct observation of 21 recorded videos. The traces generated at different altitudes were mainly studied, where ionising particles were counted at 15-minute intervals during the six-day study for each site. In addition, the influence of the temperature of the equipment as well as the ambient temperature, given in the three research areas, was evaluated. Descriptive statistics were used to analyse these variables, with the result that the higher the altitude, the higher the probability of exposure to cosmic rays. In order to obtain an adequate temperature gradient, it is necessary that the temperature of the equipment exceeds -40 degrees Celsius, and the ambient temperature exceeds 0 degrees Celsius. It is concluded that it was possible to quantify and identify the ionising particles in the fog chamber at the different study points. The fog chamber is kept in the nuclear technique's laboratory of the Faculty of Science for the didactic use of ESPOCH students. It is recommended to install a magnetic field in this equipment to distinguish the electrons from the positrons present in the environment.

Keywords: <MIST CHAMBER>, <IONISING PARTICLES>, <STELES>, <COSMIC RAYS>, <RADIOACTIVE SOURCES>, <TEMPERATURE GRADIENT>.

INTRODUCCIÓN

Una cámara de niebla es un sistema que tiene como función detectar partículas ionizantes presentes en el ambiente debido a la radiación de origen natural, estos pueden proceder de diferentes medios ya sea por el suelo, agua y aire. Las trazas o líneas generadas por acción de la ionización en el interior del dispositivo ayudan a identificar el tipo de partículas existentes en las diferentes zonas de estudio. Al contar la cámara con un sistema de enfriamiento, esta permite generar una gradiente de temperatura cuyo procedimiento ayuda a mantener un vapor de agua completamente saturado dentro de la caja de vidrio, encontrándose así lista para comenzar a observar líneas visibles dadas por la radiación.

En varias ocasiones la radiación natural tiene una gran relación con la situación geográfica en donde se encuentre la persona, es ahí donde se pueden presentar diferentes tipos y cantidades de partículas ionizantes, las cuales pueden ser detectadas por la cámara de niebla. Para la identificación de estas partículas se basará en la forma, tamaño y características específicas que exhiben cada una de ellas, por consiguiente, se pueden tener a varios electrones, protones, partículas alfa y beta, lluvia de rayos cósmicos, muones, etc.

Actualmente existen una gran variedad de cámaras de niebla en diferentes partes del mundo, sin embargo, en las instituciones educativas del Ecuador, este equipamiento es muy escaso, por lo que, contar con una puede llegar a ser vital para la enseñanza y demostración de que el ser humano se encuentra constantemente bombardeado por partículas ionizantes.

El presente trabajo de titulación contiene el capítulo I, en el que se hace referencia al marco teórico donde se describe los principios teóricos de los procesos de interacción de la radiación ionizante con la materia, luego se da a conocer la construcción de la cámara de niebla con sus principios básicos de ionización y por último se sitúa todas las características que pueden presentar las partículas ionizantes proyectadas por la cámara.

En el capítulo II, se describe la metodología y el diseño de investigación utilizada, al tratarse de un proyecto integrador este busca obtener la cantidad y el tipo de partículas dibujadas dentro de la máquina construida, así como también la temperatura de la placa metálica, el tiempo en el que se producen las partículas ionizantes y la altitud de cada zona de estudio.

En el capítulo III, se procesan todos los datos obtenidos en cada una de las partes más altas de la Provincia del Cotopaxi mediante los diferentes métodos estadísticos, y de esa forma afirmar o negar la hipótesis planteada.

Finalmente se indican las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó al detectar las partículas ionizantes en diferentes zonas especificadas en la metodología, así como también la respectiva bibliografía utilizada y los anexos.

ANTECEDENTES

A causa de la presencia de radiaciones ionizantes en el ambiente desde hace varios años, científicos y físicos teóricos se han visto en la necesidad de observar y representar partículas, tal es el caso del Físico Víctor Hess, quien en 1921 tuvo la tarea de enviar electrómetros hacia la atmósfera en donde se detectó la presencia de partículas ionizantes, este estudio dejó la incertidumbre de descubrir qué partículas se encuentran en las diferentes capas de la atmósfera. Luego de varios intentos por identificar a estas radiaciones surge la primera cámara de niebla, creada por los Físicos Charles Wilson y Arthur Compton, quienes a su vez recibieron un premio Nobel de Física en el año 1927 por el artefacto creado, este tomó el nombre de cámara de niebla de expansión, ya que estaba compuesta específicamente de vapor y un sistema de disparo para visualizar las diferentes trazas (Manzaneda et al., 2018, p.26). Con el pasar de los años en 1936 Carl Anderson, se basó en los estudios realizados por Wilson y creó una segunda cámara, a la cual le denominaron, cámara de niebla de difusión, así pues, no requería de ningún sistema de disparo y era totalmente sensible a las partículas ionizantes, además pudo descubrir otra partícula elemental como es el positrón y gracias a ello obtuvo un premio Nobel de Física (Beltrán , 2011, p.3).

Todos estos importantes descubrimientos han permitido que varias instituciones elaboren su propia cámara de niebla ya sea por expansión o de difusión. Gracias a una exhaustiva revisión bibliográfica se investigó que en el año 2002 por medio de la Universidad de Los Andes en Colombia se desarrolló una cámara de niebla, cuyo objetivo se basó en el análisis teórico de las partículas ionizantes mediante la caracterización de las trazas generando así un alto interés sobre las cámaras de niebla de difusión continua (Mejía, 2002, p.5). Por otra parte, en la Universidad de Sao Paulo Brasil en el año 2013 se instauró una cámara cuyo fin era obtener trazas de las partículas ionizantes en especial de las partículas alfa, mediante la utilización de la fuente Americio-241, y de esa forma motivar la enseñanza de los conceptos de la física nuclear y las diferentes interacciones que se dan con la materia (Laganá, 2013, p.1).

No obstante, estas cámaras se las pueden construir de diferentes formas, sin embargo, su eficiencia es efímera, la Universidad de Granada construyó una cámara de niebla mediante la utilización de materiales caseros y el fin de esta era identificar la radiación natural existente en el ambiente, así como también contribuir a la enseñanza y el fortalecimiento de los diferentes procesos gracias a la identificación de trazas originadas en el interior de la máquina (García, 2014, p.2). Es decir, ya se enfocaron en el ambiente, por lo que, una de las instituciones que quería confirmar la radiación cósmica fue la Universidad de Bolivia, en donde el objetivo principal de la investigación fue examinar el tipo de rayos cósmicas que arriban a la Tierra, debido a las distintas formas y tamaños que presentan las partículas ionizantes (Manzaneda et al., 2018, p.25).

Muchas instituciones tanto de Europa y América, han creado este tipo de cámaras lo que representa un valioso instrumento para que el estudiante se involucre en la investigación, es así

que la cámara de niebla a crear es considerada como de difusión continua y permitirá ser de apoyo didáctico e investigativo para la ESPOCH, desarrollando así hallazgos de partículas elementales en diferentes partes del Ecuador, además de que fortalecerá conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de Física.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se encuentra ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½, Riobamba-Ecuador. Es una institución conformada por 7 Facultades entre las cuales se encuentra la Facultad de Ciencias, en donde se forman profesionales pertenecientes a varias carreras, como es la carrera de Física. En esta carrera se imparte la materia denominada Física nuclear y de partículas, en donde no solamente se trata de una cátedra netamente teórica si no que se necesita de prácticas de laboratorios para que el estudiante politécnico logre alcanzar un mayor aprendizaje acerca de los átomos y las diferentes partículas que se pueden presentar debido a varios fenómenos naturales.

En los laboratorios de la ESPOCH no existe un dispositivo que permita identificar la cantidad y el tipo de partículas ionizantes presentes en el ambiente o las generadas por fuentes radiactivas. Debido a que es un tema perteneciente a la Física Nuclear, la presente investigación tiene como objetivo principal la implementación de una cámara de niebla en la Institución y que a su vez ayude a la detección de la radiación generada por diferentes fuentes naturales. Estas cámaras son muy importantes tenerlas en cualquier otro establecimiento universitario, debido a que permite conocer y estudiar la forma con la que se muestran las partículas cargadas en el ambiente. Gracias a la ionización y con la ayuda del vapor presente en la máquina, arrojan líneas con una velocidad considerable conocidas como partículas alfa, beta, rayos gamma, neutrinos, antineutrinos, etc.

Este artefacto también puede detectar radiación cósmica, dentro de este plan se contempla la observación de partículas en las partes más altas de la provincia de Cotopaxi, por lo que el proyecto es totalmente viable para ejecutar estudios en diferentes campos, ya que la cámara a realizar puede ser trasladada de un lugar a otro y solo se necesita de una fuente de energía para así realizar estudios a gran escala. En nuestra Facultad al no existir una de estas cámaras los futuros Físicos pueden salir con un conocimiento solo teórico y no práctico sobre la importancia que tiene la radiación en la actualidad, así como también las posibles consecuencias que se pueden manifestar a largo plazo, por lo que es significativo que cada universidad del Ecuador cuente con una cámara de niebla en sus laboratorios de estudio.

Tomando en consideración lo anterior, el presente proyecto se encamina al desarrollo de una cámara de niebla, la cual estará dirigida para los estudiantes de Física como de otras carreras pertenecientes a la ESPOCH, esto a su vez permite estudiar de una mejor manera la radiación

ionizante, por lo tanto, el mencionado proyecto integrador busca responder a la siguiente pregunta:

¿Es posible identificar partículas ionizantes (electrones, positrones, protones, alfa, etc.) en la cámara de niebla realizada y en qué manera puede influenciar la temperatura, tiempo y altitud?

JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se basa en la necesidad de la elaboración de una cámara de niebla que ayude a detectar partículas ionizantes, debido a que el ser humano en los últimos años absorbe cada vez más radiación ya sea por fuentes naturales o artificiales, provocando probabilidad de daños a su integridad física. De esta manera, este proyecto permitirá visualizar diferentes trazas propias de cada tipo de radiación (alfa, beta, gamma y diferentes rayos cósmicos procedentes de las partes más altas de la provincia de Cotopaxi), fortaleciendo así los conocimientos teóricos y prácticos de la física nuclear y de la física de radiaciones.

Para lograr cumplir con el trabajo se aplicará la metodología analítica, comparativa y científica, las cuales buscan procesar la información correcta mediante la cámara de niebla construida, generando así un conocimiento físico teórico enfocado a la practicidad, además de brindar posibles soluciones a los problemas presentados por la radiactividad.

Una vez examinada las diferentes cátedras impartidas en la carrera de Física de la ESPOCH, la Física de Partículas es vital para realizar prácticas de laboratorio o prácticas preprofesionales, por lo que con la cámara de niebla se puede mejorar la enseñanza didáctica hacia los estudiantes. Además, este trabajo tiene como alcance principal incentivar no solo a las universidades del Ecuador si no incluso a las instituciones secundarias para que terminen por adquirir o crear su propia cámara de niebla, y así demostrar de una forma lúcida a los estudiantes las partículas de la cuales nos encontramos rodeados en el ambiente.

OBJETIVOS

General

- Detectar partículas ionizantes mediante la construcción de una cámara de niebla para uso didáctico.

Específicos

- Mostrar la funcionalidad de la cámara de niebla en los puntos más altos de la provincia de Cotopaxi (Quilotoa, Cotopaxi y Los Illinizas).
- Identificar el tipo de partículas ionizantes trazadas por la cámara de niebla.
- Instalar la cámara de niebla en el laboratorio de técnicas nucleares.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

Antes de diseñar la cámara de niebla, es muy importante conocer algunos principios teóricos que se producen dentro de la cámara, así como también ayudarán a conocer los materiales más idóneos para construir un equipo apropiado.

1.1. Radiación ionizante y el ser humano

Los efectos que se pueden producir en el ser humano son muy variados, por lo general, estos dependen de la cantidad de radiación ionizante aplicada en el sistema biológico y a consecuencia, existen 2 tipos de efectos que se pueden presentar en el ser humano: el daño genético que afecta principalmente a los genes de cada individuo perjudicando así a las futuras generaciones, y el daño somático que es cualquier perturbación dañina a los tejidos de quien se somete a diferentes procesos radiactivos (Núñez, 2008, p.2).

1.2. Procesos de interacción de la radiación ionizante

Las partículas ionizantes se caracterizan porque pueden penetrar la materia y en ese transcurso se dan muchos procesos físicos, que por lo general dependen del tipo del material y del tipo de la partícula.

1.2.1. *Interacción de la radiación indirectamente ionizante con la materia*

Esta interacción estrechamente relacionada en la cantidad de energía que presentan los fotones, así como también las características del material debido a su composición atómica, para lo cual dentro de estos procesos están: la creación de pares, el efecto Compton o incluso el efecto fotoeléctrico (Durand, 2000, p.17).

1.2.1.1. *Efecto Compton*

Su principio básico se basa en la interacción de un rayo gamma con altas energías y un electrón con una energía de ligadura muy pequeña. Esta interacción por lo general se da con la banda de electrones de un material en específico, donde tiende a liberarse un electrón y un fotón que salen con una cierta energía según sea el caso (González, 2014, p.18).

1.2.1.2. Efecto Fotoeléctrico

Es uno de los más conocidos dentro de la física, debido a que Albert Einstein se basó en este proceso para realizar sus trabajos investigativos del cual ganó uno de los premios nobel en el año 1921. Este efecto consiste en la liberación de un electrón, gracias a la interacción de un fotón con una placa de metal, el electrón saliente presenta una energía cinética la cual está determinada por la energía de ligadura y la del fotón (Durand, 2000, p.17).

1.2.1.3. Creación de pares

La creación o producción de pares se da solamente con los fotones que exhiben energías superiores a 1,022 MeV, los cuales interaccionan en el núcleo dando paso a partículas materializadas. El fotón principal una vez haya incidido tiende a desaparecer, es así como se crea un electrón y un positrón, los cuales poseen una energía cinética específica (Cherry, 2010, p.2).

1.2.2. Interacción de partículas cargadas con la materia

Estas interacciones crean una sucesión de colisiones con los átomos del material, y esto es debido al choque de alguna partícula que se encontraba cargada. Dentro de las partículas se producen diferentes procesos los cuales hacen que se vaya perdiendo energía paulatinamente, entre ellos tenemos: colisión elástica, colisión inelástica, colisión radiactiva y radiación de frenado (Consejo de Seguridad Nuclear, 2013, p.10).

1.2.2.1. Colisión elástica

La interacción de las partículas ionizantes con la materia puede dar origen a colisiones elásticas, para este caso en la partícula incidente se produce pequeñas desviaciones en su trayectoria, sin embargo, este proceso no afecta a la energía cinética ni tampoco a la cantidad de movimiento (Heredia, 2019, p.26).

1.2.2.2. Colisión inelástica

A diferencia de la colisión elástica aquí si existe un cambio de la energía cinética, en donde los diferentes átomos tienden a interaccionar entre sí, produciendo varias modificaciones en los electrones, generándose 3 procesos: la ionización, excitación o incluso la disociación (Consejo de Seguridad Nuclear, 2013, p.10).

1.2.2.3. Colisión radiactiva

La colisión radiactiva se basa en la incidencia de una partícula cargada, para este caso puede ser un electrón, el cual pasa cerca del núcleo del átomo, generando así algunas desviaciones y frenados de la partícula, razón por la cual, esta tiende a emitir ondas electromagnéticas (Consejo de Seguridad Nuclear, 2013, p.10).

1.2.2.4. Radiación de frenado

Al entrar una partícula cargada (electrón) cerca del campo eléctrico del núcleo, esta tiende a experimentar un cambio en la velocidad y la dirección de la partícula incidente, y por consiguiente termina liberando radiación electromagnética (Heredia, 2019, p. 27).

1.3. Cámara de niebla

Esta cámara ayuda a detectar partículas ionizantes presentes en el ambiente, y se basa en obtener un entorno totalmente cerrado y saturado, dentro de esta se almacena vapor de agua generado por una máquina o por el hielo seco, en donde al interactuar con una partícula, la cámara lo tiende a ionizar de una manera rápida, los iones generados se los considera como núcleos de condensación. Con el ingreso de las partículas cargadas de altas energías se van generando una especie de trazas o estelas, este fenómeno se fundamenta en la producción de iones sucesivos que se van dando con respecto a su trayectoria (García, 2014, p.5).

Las fuentes que se pueden detectar dentro de la cámara de niebla son muy variables, entre ellas se encuentran la radiación que emana la tierra y la radiación procedente de los rayos cósmicos. Del 100 % de rayos cósmicos que llegan a la Tierra, el 86 % pertenece a los protones, el 11% viene dado por las partículas alfa, el 2% contiene a los electrones y tan solo el 1% son de partículas que presentan núcleos muy pesados. Por otra parte, con respecto a la radiación terrestre se da mediante la desintegración del Uranio 238 y 235, el cual puede encontrarse en diferentes partes de la tierra, esto tiende a generar partículas ionizantes las cuales se evidencian dentro de la cámara (Vega, 2014, p.3).

1.4. Tipos de cámara de niebla

1.4.1. De expansión

Esta cámara de niebla es una de las primeras que se crearon por parte de Wilson, su mecanismo era muy sencillo, ya que el aire que se encontraba dentro de la caja de vidrio tenía que ser saturado

mediante el vapor generado por el agua, de modo que se generó una especie de diafragma, el cual hace que el aire se difundiera por todo el interior de la cámara, generando así el proceso de ionización, debido al paso de las partículas que se encuentran cargadas a altas energías (Beltrán , 2011, p.3).

Sin embargo, el principal problema que los físicos encontraron en la máquina fue con respecto a su mecanismo, debido a que se requería de expansiones adiabáticas sucesivas para generar la neblina necesaria y así poder visualizar las trazas en su interior, es decir que la funcionalidad era muy limitada, por lo que se tuvo que crear otra modalidad de prototipos para tener una visión prolongada de las partículas ionizantes (García, 2014, p.4).

1.4.2. De difusión continua

Tiene el mismo principio que la cámara de Wilson, y se convierte en una versión mejorada que detecta partículas y además se puede identificar las partículas ionizantes tanto de origen natural como artificial, admite la observación directa y con un tiempo prolongado de la radiación que ingresa al volumen sensible (Beltrán , 2011, p.3). El principio que se genera aquí es el gradiente de temperatura, el cual puede ser conseguido por hielo seco o un aparato que enfríe la parte inferior manteniendo así la sobresaturación del aire y que mediante la acción del alcohol genera un ambiente lleno de neblina, en el que solo bastaría de una perturbación para que se genere rápidamente las gotas del alcohol (Barradas, 2010, p.1).

1.4.2.1. Proceso de ionización en la cámara de niebla

El proceso de ionización requiere conocer las teorías cuánticas Bethe y Bloch, así como también los principios de Fermi, quienes hacen referencia entre el choque generado por las partículas y los electrones del átomo de cualquier material. Al pasar la partícula ionizante por medio de las pequeñas gotas de agua (neblina), las cuales se encuentra en un estado neutro, estas partículas agregan una cantidad considerable de energía a varios electrones que están ligados al átomo, generando así varios iones con el paso de la energía radiactiva. Una vez que a los electrones orbitales se les aplica energía, se generan dos categorías, el primero se basa en la emisión de electrones con baja energía, a esta fase se la conoce como fotoelectrones, mientras que los electrones que son expulsados con bastante energía provocan colisiones sucesivas de iones y se los conoce como electrones de golpe (Mejía, 2002, p.17).

Por otra parte, en las cámaras de niebla se dice que existen dos tipos de ionización, el primero es el que se forma por la colisión entre las partículas y los electrones, y la segunda ionización se da por las colisiones sucesivas de los electrones de golpe. Si se deseara conocer la energía perdida de las partículas altamente cargadas planteadas por Fermi, es necesario aplicar un proceso

estadístico y cuántico, el cual se dedique a contar el número de colisiones dadas en el material (Mejía, 2002, p.17).

A continuación se presenta la Figura 1-1, la cual explica la cantidad de energía que posee la partícula alfa (A) con respecto a la energía de pérdida (B) de la misma partícula alfa, estas energías fueron calculadas a partir de las ecuaciones de Bethe-Bloch y su velocidad relativa, y hace referencia al momento en que la energía cinética de la partícula supera la energía de pérdida de las paredes, la partícula α puede ingresar a la cámara y crear la traza por medio de la ionización de las gotas sobresaturadas de alcohol (Herrera, 1993, p.23).

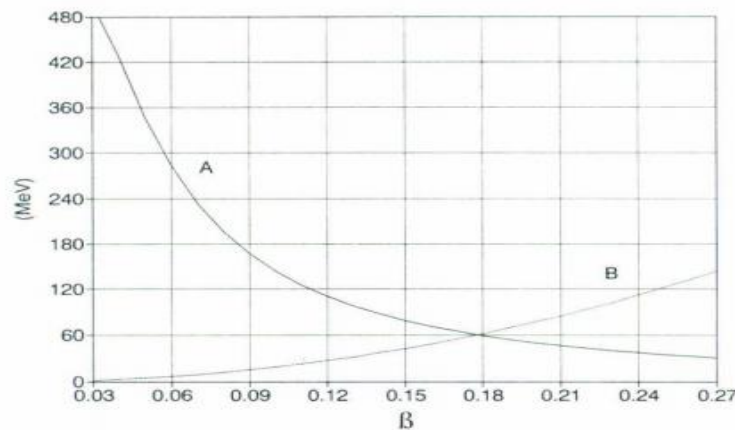


Figura 1-1. Relación entre la energía perdida de la partícula A y la B.
Realizado por: Herrera, J. 1993.

Todas estas formulaciones se las puede obtener mediante un tratamiento teórico, sin embargo, en la construcción de la cámara de niebla existen muchos más factores que pueden alterar en la identificación de la energía y en la ionización, por ejemplo: las paredes del recipiente afectando a la sensibilidad de ionización de las partículas (Mejía, 2002, p.31).

1.4.2.2. Condensación del vapor y la ionización

Si las partículas que entran a la cámara de niebla se encuentran cargadas con altas energías, se puede obtener el proceso de ionización descrito anteriormente, este proceso es similar a la trayectoria de un avión, el mismo que pasa a altas velocidades y en algunas ocasiones tiende a dibujar líneas de vapor muy pronunciadas debido a la presencia de nubes (Barradas, 2010, p.1).

Por otra parte, es necesario conocer dos aspectos fundamentales que intervienen para que el vapor pueda condensarse y así generar gotas, primero que nada, el vapor debe poseer pequeñas gotas líquidas, las cuales se encuentren suspendidas en todo el interior de la cámara de niebla, a estas se las conoce como núcleos de condensación, y en segundo punto, este vapor debe entrar en un estado de sobresaturación, el cual permite que las gotas de alcohol crezcan y por consiguiente se dibujen las estelas con mayor nitidez (Mejía, 2002, p.23).

1.4.2.3. Gradiente de temperatura y producción del ambiente sobresaturado

Este gradiente presenta dos diferencias de temperatura, una mayor que la otra, la primera está dada por el alcohol isopropílico, de modo que, al ubicarse en la parte superior del envase y por acción del frío generado en la parte inferior, tiende a generar un vapor muy condensado, se podría decir que, es un proceso similar a la condensación dado en nuestro aliento cuando el ambiente está muy frío (Herrera, 1993, p.61).

La teoría de sobresaturación estudiada por Langsford en 1936, es una de las más importantes dentro de este proyecto, en virtud de ello, se basa en la conservación de una gradiente de temperatura en el fondo de la máquina debido a la influencia de la gravedad (Mejía, 2002, p.26).

1.4.2.4. Iluminación

Es necesario mantener una iluminación adecuada, la cual va a permitir la identificación de las trazas de una mejor manera, se pueden iluminar la cámara de forma interna y de forma externa, sin embargo, para la construcción de estas cámaras es importante iluminar de forma externa. Las linternas que lleguen con rayos paralelos a la superficie de la cámara pueden ser las más utilizadas en la visualización del trayecto de las partículas, evitando así errores como posibles reflejos generados por el vapor del agua (Mejía, 2002, p.37).

1.4.2.5. Función del alcohol isopropílico

Este tipo de alcohol presenta un 99,9% de pureza, razón por la cual tiende a evaporizarse con mayor facilidad por acción de las temperaturas bajo cero, además presenta una energía de ionización muy baja, facilitando la generación de ionización por acción de las partículas cargadas con altas energía (Barradas, 2010, p.4).

1.5. Trazas generadas en la cámara de niebla al interaccionar la radiación ionizante

1.5.1. Partículas básicas

1.5.1.1. Partículas alfa

Las partículas alfa a pesar de tener una menor penetrabilidad pueden ser vistas con normalidad en la cámara de niebla tal y como se señala en la Figura 2-1, por ejemplo, una partícula alfa de 5MeV puede producir alrededor de 150 000 iones, generando una condensación muy fuerte lo cual hace que la traza sea muy brillante y gruesa, si la partícula alfa ingresa de forma vertical al

interior del volumen sensible solamente se puede ver un punto brillante y grueso, sin embargo, muchas veces ese punto puede deberse a otras partículas cósmicas (Beltrán , 2011, p.9).



Figura 2-1. Representación de una línea ancha y brillante dibujada por la partícula alfa.
Realizado por: Nuledo. 2020.

1.5.1.2. *Electrones*

Estas partículas interactúan con los electrones de los átomos de la neblina por el fenómeno coulumbiano, generando así una gran variedad de trazas. Si los electrones son muy energéticos se dibujan líneas rectas entre cortadas, pero si estos poseen menos energía solamente se diseñan líneas muy finas y débiles, las características de las estelas se comprueban en la Figura 3-1 (Beltrán , 2011, p.10).

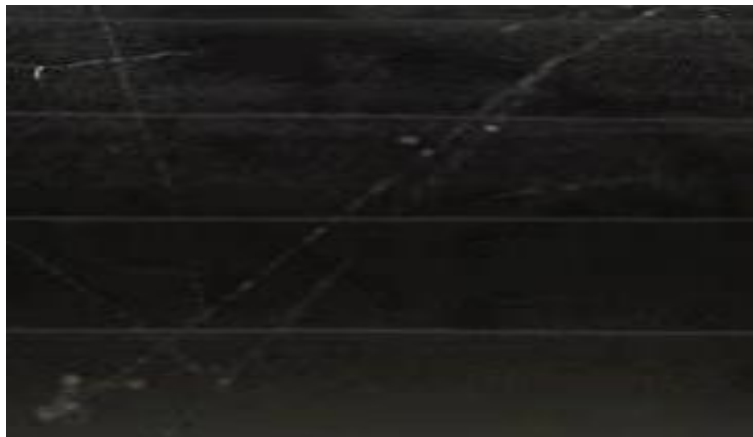


Figura 3-1. Trazas finas y rectas dibujadas por el electrón.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.1.3. *Fotoelectrones*

También se puede evidenciar en la Figura 4-1, los fotoelectrones, los mismos que proceden del momento en el que un fotón interactúa con la materia, presentan trazas con muchas curvaturas

por las constantes colisiones, además las estelas de estas partículas son cortas y finas (Alcusa, 2010, p.21).



Figura 4-1. Representación de un fotoelectrón con trayectoria curva.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.1.4. *Electrones Beta*

Estos electrones se pueden dar debido a las desintegraciones de algún elemento químico como puede ser el radón de la atmósfera, sus características son similares a los fotoelectrones, sin embargo, las curvaturas de los electrones beta son menos pronunciados tal y como se observa en la Figura 5-1. Además, suele existir ciertas confusiones al identificar estas partículas, por lo que hay que recordar que este proceso se trata de un estudio cualitativo aproximado (Alcusa, 2010, p.21).



Figura 5-1. Representación del electrón β con trayectoria semicurva.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.1.5. *Protones*

Estas partículas presentes en la Figura 6-1 tienen una elevada energía, pero al compararlos con las partículas alfa, los protones tienen un poder de ionización bajo por lo que tienden a perder su grosor, aunque la trayectoria de estas sigue siendo recta y en algunas ocasiones pueden ser muy grandes (Beltrán, 2011, p.10).



Figura 6-1. Trayectoria recta y gruesa de un protón.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.1.6. *Producción de pares*

Este proceso trata de crear un electrón y un positrón observados en la Figura 7-1, los cuales presentan trazas en forma de V, en algunas ocasiones las líneas tienden a ser muy grandes debido a la cantidad de energía del fotón (Alcusa, 2010, p.21). Tanto el electrón como el positrón tienen características similares, sin embargo, la identificación del positrón se hace un tanto compleja debido a que se necesita de campos magnéticos dentro de la máquina para distinguir uno del otro (Nuledo, 2020).

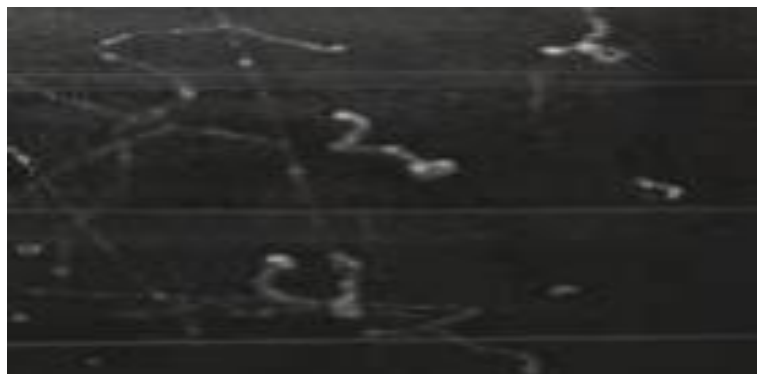


Figura 7-1. Representación de la producción de pares mediante trazas cortas en forma de V.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.2. *Partículas raras*

1.5.2.1. *Muones*

Al hablar de partículas raras siempre sobresalen los muones, y representan el 90% de los rayos cósmicos secundarios, al ingresar a la cámara de niebla se ioniza con una energía de 1 MeV, la traza que exhibe en la Figura 8-1 es similar a los protones y electrones de altas energías, con estelas muy rectas y delgadas, pero extremadamente grandes que en algunas ocasiones cruzan toda la cámara (Beltrán, 2011, p.11).



Figura 8-1. Trazas largas y semigruesas de un muón.
Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.2.2. Lluvia de rayos cósmicos

La lluvia de rayos cósmicos también es considerada como partículas raras, debido a que chocan con la capa atmosférica y luego con los átomos que se encuentran en el ambiente, generan una radiación secundaria. En la Figura 9-1 se manifiestan partículas muy pequeñas con direcciones y tiempos simultáneos (Nuledo, 2020).

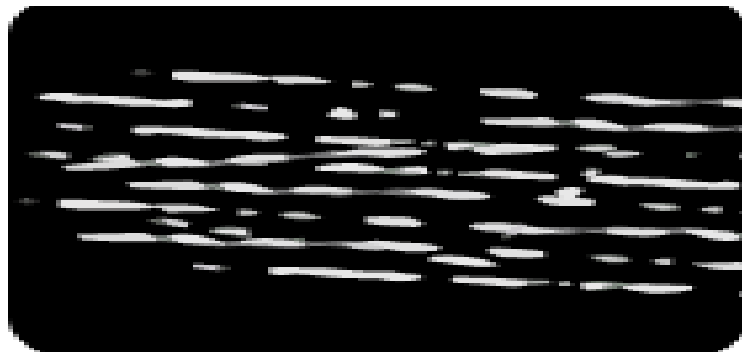


Figura 9-1. Representación de la lluvia cósmica en forma de trazas finas y en toda la cámara.
Realizado por: Nuledo. 2020.

1.5.3. Partículas muy raras

1.5.3.1. Kaón

Esta partícula se encuentra compuesta por los quarks, antiquarks y un pion, solo se pueden exhibir en una cámara de niebla por su característico trazado el cual se aprecia en la Figura 10-1, y este está dado por 3 trazas en forma de una Y (Nuledo, 2020).

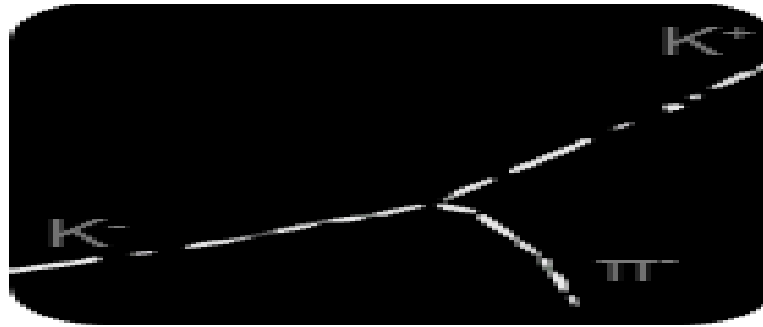


Figura 10-1. Trazas ionizantes de la partícula kaón con sus quark, antiquarks y pion.

Realizado por: Nuledo, 2020.

1.5.3.2. *Descomposición de muones*

También podemos tener la descomposición de muones establecido en la Figura 11-1, este proceso surge por las interacciones de electrones débiles, y se identifica claramente cuando el muón al producir una traza fuerte tiende a apagarse generando un cambio de dirección hacia el costado con una estela mucho más fina, en forma de L (Alcusa, 2010, p.30).

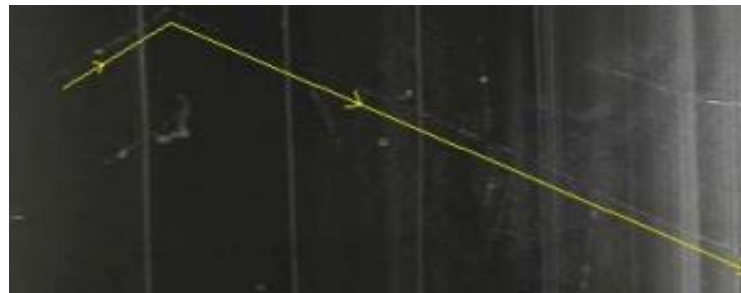


Figura 11-1. Representación de un muón en forma de L.

Realizado por: Alcusa, E. 2010.

1.5.3.3. *Partículas Oh My Good*

Finalmente tenemos a las partículas Oh-My-Good de la Figura 12-1, las cuales tienen una energía extremadamente alta, se asemejan a un protón con velocidades enormes y de trazas extremadamente gruesas, sin embargo, hasta la fecha se han observado muy pocas de estas en la cámara de niebla (Nuledo, 2020).



Figura 12-1. Traza grande y brillante generada por la partícula Oh-My-Good.
Realizado por: Nuledo. 2020.

1.6. Bases legales

El proyecto se sustenta en diferentes normativas, en donde se señala que constantemente nos encontramos frente a radiaciones naturales, estos representan aproximadamente el 80% de radiación que una persona recibe al año y más si es que nos encontramos a grandes alturas, por lo que se dice que la radiación cósmica puede depender del lugar en el que nos encontremos (OMS, 2020).

Este estudio se basa en la política 5.6 del plan nacional del gobierno ecuatoriano, el cual invita a la comunidad académica a “Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento [...]” (SENPLADES, 2017, p. 83), de esta manera, el estudio realizado impulsa a que el estudiante desarrolle futuras investigaciones sobre la radiación natural, detectando diferentes partículas ionizantes por medio de la cámara de niebla construida.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño de la investigación

2.1.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación pretende detectar la radiación ionizante haciendo uso de una cámara de niebla en diferentes ubicaciones como: El Cotopaxi, Los Illinizas y el Quilotoa, y estas a su vez estarán en función de diferentes variables determinadas experimentalmente como son la temperatura, tiempo y la altitud. El proyecto es de carácter experimental dado que se identificará los diferentes fenómenos de interacción radiación-materia, para finalmente analizarlos. Por lo que podemos inferir que los resultados hallados van a depender o no de las variables dadas. Sin embargo, este proyecto al basarse en la construcción de una cámara de niebla tiene breves rasgos de una investigación tecnológica debido a que se implementará dicho instrumento en el laboratorio de técnicas nucleares de la ESPOCH.

Por el método de investigación, el presente proyecto será cuantitativo porque permitirá obtener datos a partir de la cantidad de fotones o partículas pesadas y livianas que intervengan dentro del volumen sensible con respecto a las diferentes variables, por otra parte, se considera cualitativa porque se podrá identificar el tipo de partícula ionizante que participa dentro de la cámara según las trazas generadas por las mismas. Además, es de carácter aplicada debido a que se va a poner en práctica todos los conocimientos adquiridos de la Física de Radiaciones principalmente la interacción radiación-materia. Según el nivel de profundización es descriptiva, porque admitirá identificar las características más relevantes sobre el objeto de estudio, y exploratoria puesto que posibilitará establecer estudios in situ sobre la radiación ionizante.

2.1.2. Unidad de análisis

Para este estudio la unidad de análisis son los 21 videos grabados, 18 con duración de una hora y 3 con una duración de 15 minutos, los cuales permitieron identificar las trazas generadas en la cámara de niebla.

2.1.3. Población y muestra

2.1.3.1. Población

En el desarrollo de esta investigación se tomará como población de estudio a los puntos más altos de la provincia de Cotopaxi (Illinizas, Cotopaxi y Quilotoa), en donde se podrá analizar cada una de las variables independientes, así como también la detección de partículas ionizantes, para comprobar la validez de la hipótesis.

2.1.3.2. Muestra

Para determinar la cantidad y el tipo de partículas ionizantes dentro de la cámara de niebla los datos a tomar serán: 2 veces a la semana con una duración de 1 hora por vez y con intervalos de 15 minutos, esta recolección de información se realizará durante 3 semanas en las distintas zonas seleccionadas anteriormente de la provincia de Cotopaxi.

2.1.4. Localización

El presente proyecto integrador se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, en el laboratorio de técnicas nucleares donde se hicieron las primeras pruebas de calibración de la cámara de niebla, y una vez confirmada la eficiencia del equipo con las 3 fuentes radiactivas: Na-22, Sr-90 y U-238, se llevó a las zonas más altas de la provincia de Cotopaxi: El Quilotoa, El Cotopaxi y Los Illinizas, para luego poder identificar el tipo de radiación que se puede dar a diferentes altitudes, en la Tabla 1-2 se puede apreciar la ubicación exacta de todos los puntos mencionados.

Tabla 1-2: Coordenadas y altitud de los 4 puntos de estudio.

PUNTOS DE ESTUDIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD
Los Illinizas	-0.67568°; -78.69914°	4110 msnm
El Cotopaxi	-0.65634°; -78.44020°	4525 msnm
El Quilotoa	-0.86753°; -78.91485°	3874 msnm
ESPOCH	-1.65621°; -78.67779°	2754 msnm

Fuente: GPS, Altimetro Preciso, 2021.

Realizado por: Mera, L. 2021.

En la Figura 1-2 se distingue la ubicación de la cámara de niebla identificada con el cursor rojo, es decir que se situó a 4110 msnm cerca de las faldas de los Illinizas, no se avanzó más debido a que el camino estaba en mal estado y además se requería de varios guías para continuar con el trajinar.

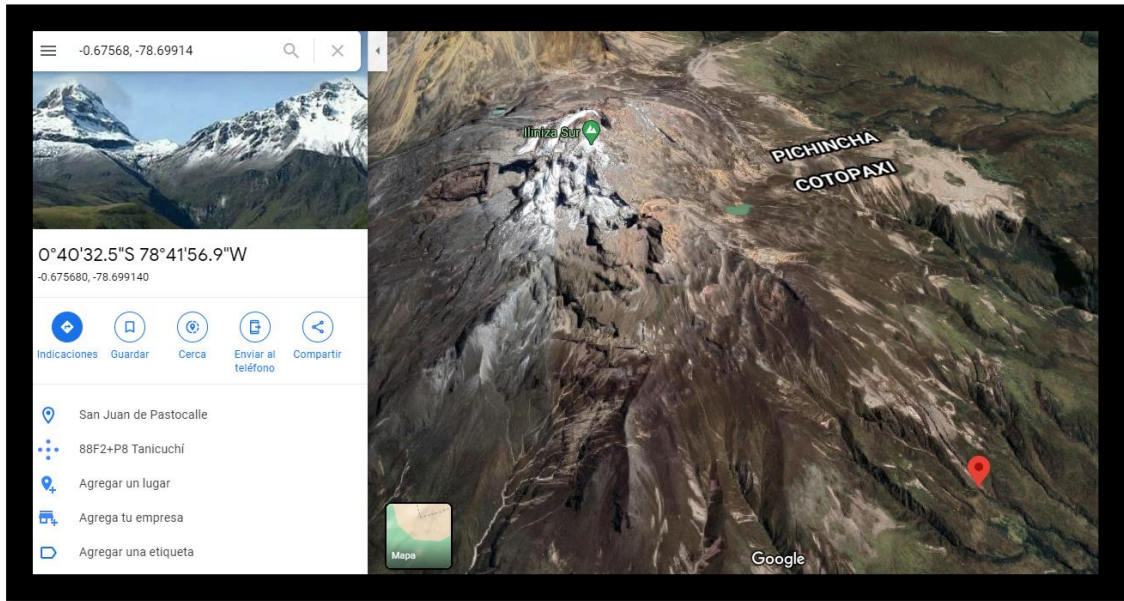


Figura 1-2. Ubicación geográfica de Los Illinizas en donde se colocó la cámara de niebla.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Otro punto de estudio fue El Cotopaxi, en la Figura 2-2 se evidencia mediante el cursor rojo la ubicación de estudio, donde se tuvo que colocar la cámara de niebla a 4525 msnm para poder detectar partículas ionizantes, al igual que en los Illinizas no se avanzó más porque el camino es muy empinado y se corre el riesgo de dañar el equipo.

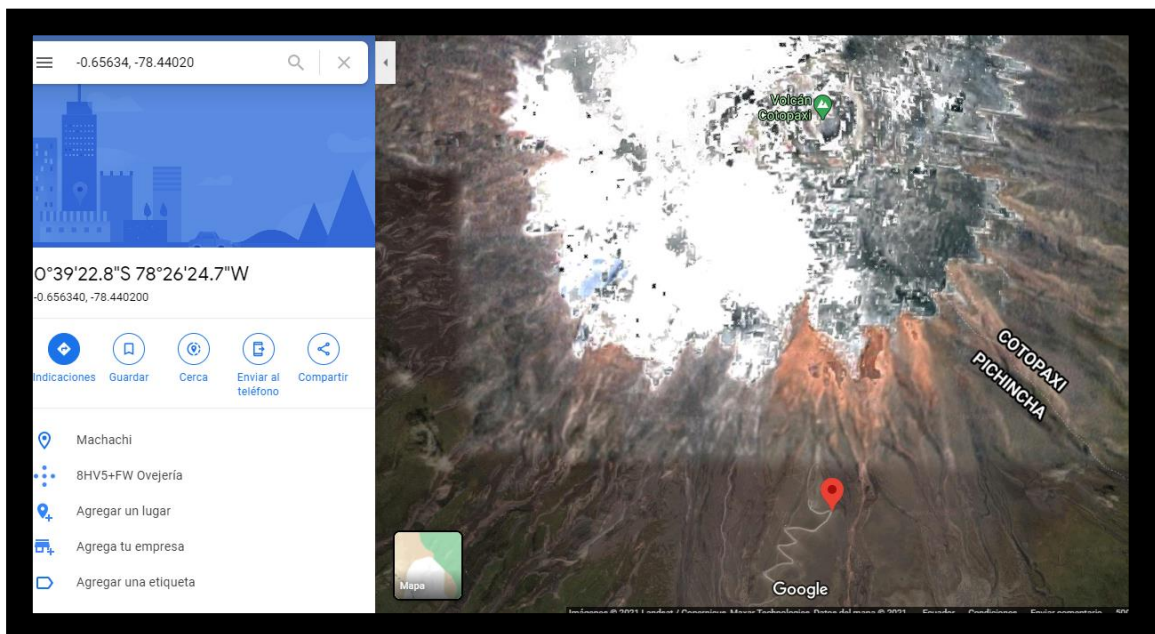


Figura 2-2. Ubicación geográfica de El Cotopaxi en donde se colocó la cámara de niebla.
Realizado por: Mera, L. 2021.

El último punto de estudio dentro de la provincia de Cotopaxi fue el Quilotoa, en la Figura 3-2 se encuentra el cursor rojo, el cual señala la ubicación de la cámara de niebla utilizada para el estudio

de la identificación de partículas ionizantes, se determinó este punto con una altura de 3874 msnm debido a que fue la parte más alta de aquel lugar.

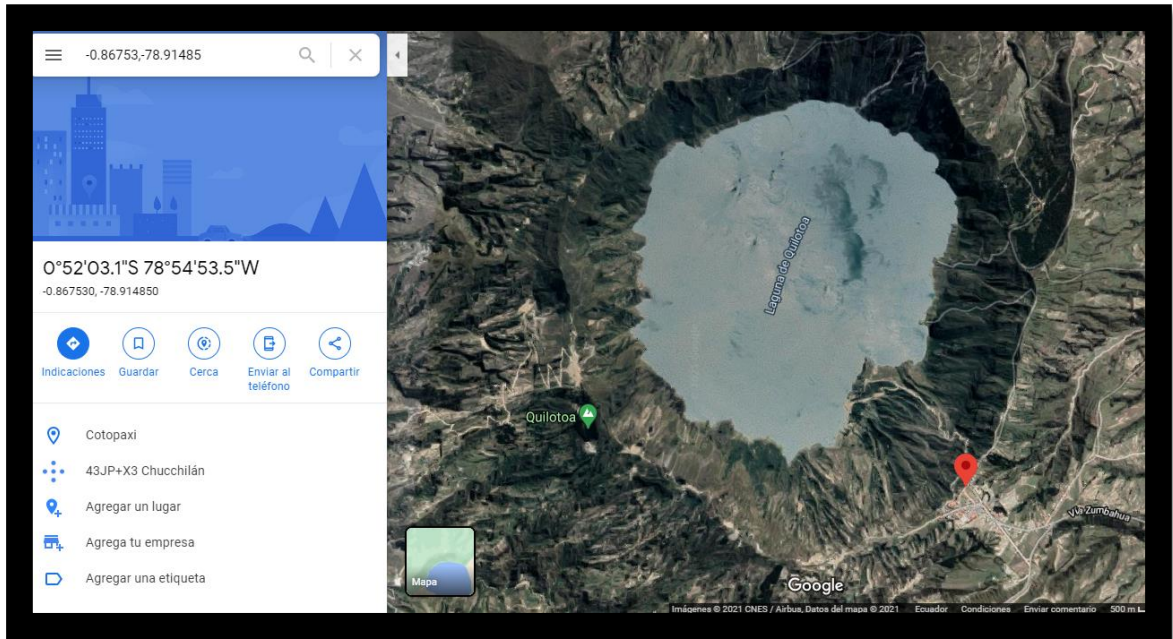


Figura 3-2. Ubicación geográfica del Quilotoa en donde se colocó la cámara de niebla.
Realizado por: Mera, L. 2021.

La Figura 4-2 indica el sitio en donde se realizó el estudio de calibración con las 3 fuentes radiactivas para la cámara de niebla construida, el cursor rojo señala el laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Ciencias perteneciente a la ESPOCH.

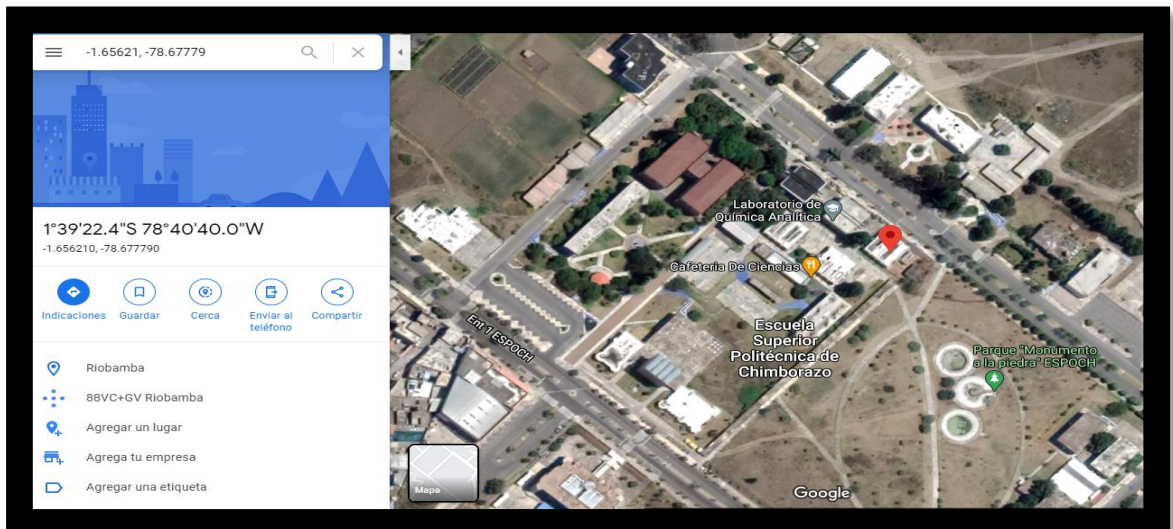


Figura 4-2. Ubicación geográfica de ESPOCH en donde se colocó la cámara de niebla.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2. Equipos y materiales usados para la toma de datos

2.2.1. Construcción de la cámara de niebla

Antes de la construcción de la cámara de niebla, se realizaron 3 prototipos a diferentes tamaños para determinar las medidas exactas de la máquina, y que a su vez permitan fijar las respectivas variables tanto independiente como dependientes, para de esa forma evitar errores posteriores que perjudiquen a gran escala la identificación y el conteo de partículas. Estos prototipos se ejecutaron simultáneamente debido a que en la placa metálica podían entrar normalmente los 3 envases. Para empezar, se tienen los 3 envases a los cuales se los debe pegar en su interior una tela fieltro, esta va a permitir que el alcohol isopropílico se concentre y por acción de la gradiente de temperatura generado por el hielo seco, se obtenga o no la presencia de partículas ionizantes. Seguidamente se cubrió la placa de metal con una cinta negra conocida como “teipe”, esta cinta va a consentir que las trazas se vean dentro de la cámara. A continuación, se tritura 2 kilos de hielo seco, y se los ubica en un recipiente, para este caso se ubicó en una pequeña caja de madera cubierta en su interior por un aislante de espumaflex. Se tapa la caja de madera con la placa y en ese mismo instante se ubican los 3 envases boca abajo y se los pega con plastilina negra, para que de esa forma no se pueda escapar la neblina generada en el interior, este proceso se detalla en la Figura 5-2.



Figura 5-2. Prototipos construidos para los 3 ensayos.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.1.1. Ensayo 1 (Caja Petri)

Se utilizó una Caja Petri de vidrio de 6 cm de diámetro y con una altura de 3 cm, en la cual se ubicó la tela fieltro en la parte superior de este envase y a esta se la roció de alcohol isopropílico, después se colocó inmediatamente sobre la placa de hielo seco iluminándolo con una linterna portátil led, este proceso se plasma en la Figura 6-2.

1 min: Se comienza a evaporar toda la caja de vidrio y no se genera la neblina debido a que sus dimensiones son muy pequeñas, se empañó todo el envase de vapor razón por la cual no se pudo divisar ninguna partícula.



Figura 6-2. Prueba en la caja Petri.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.1.2. Ensayo 2 (Vaso de vidrio)

Para este caso se ocupó un vaso de vidrio con un diámetro de 6,5 cm y una altura de 8,5 cm, y al igual que en la caja Petri se ubicó la tela fieltro en la parte superior del envase, se la roció con el alcohol isopropílico tratando de que se concentre en su mayor proporción, por último, se situó este envase en la placa de metal y se lo iluminó con la linterna led, tal y como señala la Figura 7-2.

1 min: En este lapso no se apreció nada dentro del vaso.

2 min: Se empezó a generar la neblina en el envase por acción de la gradiente de temperatura.

4 min: Comienza a desaparecer la neblina y a razón de ello no se evidencia ninguna traza que represente a las partículas ionizantes.



Figura 7-2. Prueba en el vaso de vidrio.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.1.3. Ensayo 3 (Pecera mediana)

La última prueba se realizó una pecera mediana con dimensiones de ancho 10 cm, de largo 15 cm y con una altura de 10 cm, indicada en la Figura 8-2, para lo cual se colocó la tela fieltro en toda la parte superior del envase, a esta se la rocío con al alcohol isopropílico tratando de que se concentre la mayor parte de alcohol en su interior, al igual que la demás pruebas se ubicó inmediatamente sobre la placa de metal pegándolo con la plastilina negra, y finalmente se alumbró con la linterna led, en la Tabla 2-2 se puede apreciar los diferentes sucesos ocurridos con este ensayo.

Tabla 2-2: Tiempos y sucesos ocurridos en la cámara de niebla.

Tiempo	Suceso
1 min	Al igual que en el resto de los 2 ensayos no se aprecia todavía la neblina.
2 min	Se genera la neblina y cada vez en mayor cantidad.
3 min	Comienzan a aparecer las primeras trazas.
5 min	Se evidencia una mayor presencia de partículas.
7 min	La neblina se hace espesa y con ello también existen partículas.
11 min	En este lapso se aprecia muchas más partículas entre ellos electrones cósmicos.
14 min	La neblina empieza a disminuir
16 min	La neblina es mucho menor y con ello las trazas disminuyen.
19 min	No existe neblina y con ello las partículas disminuyen.
20 min	No existe neblina, ni tampoco partículas.

Realizado por: Mera, L. 2021.

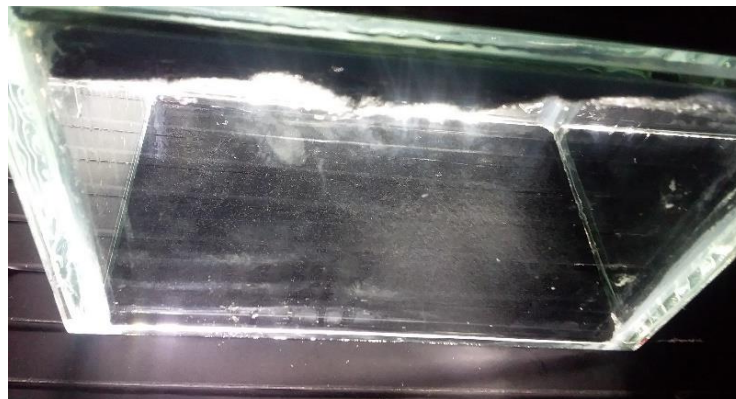


Figura 8-2. Prueba en la pecera, se evidencia la neblina.

Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.2. Deducciones para la construcción de la cámara de niebla

Al realizar las 3 pruebas, estas están dadas en base a la cantidad de hielo seco y alcohol isopropílico que puede existir, como se pudo apreciar en el minuto 15 aproximadamente comienza a disminuir la neblina y por ende ya no se originan las trazas dentro del volumen sensible, debido

a que posiblemente el alcohol isopropílico se evapora y con el tiempo tiende a desaparecer o como también el hielo seco puede disminuir su temperatura. Por lo cual para la realización de la identificación y cuantificación de las partículas ionizantes se trabajó con intervalos de 15 minutos, evaluando la temperatura, así como también la altitud de las 3 zonas de estudio.

Asimismo, se evalúa las dimensiones de la caja de vidrio, ya que en el primer y segundo ensayo no tenían los tamaños idóneos, en el tercer ensayo se utilizó una pecera y en este si se apreció partículas, a razón de lo cual se consideró crear una pecera de gran amplitud, para poder obtener la gradiente de temperatura adecuada y así visualizar la mayor cantidad de trazas posibles.

2.2.3. Identificación de las variables

Variable dependiente: La cantidad y el tipo de partículas ionizantes detectadas en la cámara de niebla.

Variables independientes: temperatura, tiempo y altitud.

2.2.4. Planteamiento de la hipótesis

La cantidad y el tipo de partículas ionizantes detectadas en la cámara de niebla pueden depender de la temperatura, tiempo y/o altitud.

2.2.5. Cámara definitiva para la toma de datos

Para la construcción de la presente máquina se elaboró una caja de madera tal y como se observa en la Figura 9-2, en la cual se ubicó una especie de aislante conocido como espumaflex, este permitió que el hielo seco dure al momento de efectuar la experimentación. En su interior se instaló un sensor de temperatura para poder analizar esta magnitud, a la cual la placa se encuentra debido a la influencia del hielo.



Figura 9-2. Caja de madera y aislante de espumaflex.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Por otra parte, en la Figura 10-2 se detalla una placa metálica conocida como acero inoxidable y a esta se la cubrió con una cinta negra para así lograr identificar las trazas.

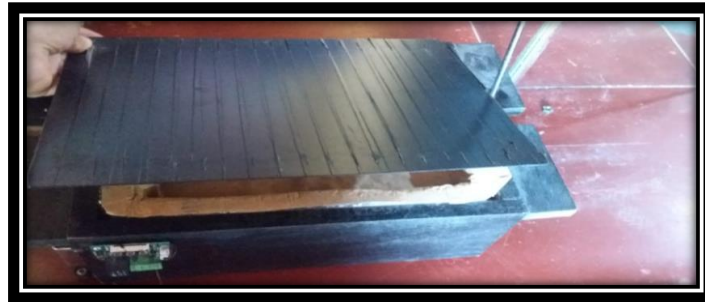


Figura 10-2. Placa metálica de acero inoxidable.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Además, en la Figura 11-2 se observa una pecera, la cual funcionó como un volumen sensible y así permitió que entren las partículas ionizantes, y mediante la construcción de una estructura metálica con conexión a la caja de madera, se pudo ejercer presión para evitar el escape de niebla.



Figura 11-2. Pecera de vidrio y estructura metálica.
Realizado por: Mera, L. 2021.

En la Figura 12-2 se puede apreciar la instalación de una luz led neblinera, para que permita identificar de una mejor manera a las partículas, y este al igual que el sensor de temperatura están conectados a una batería de 9 voltios encontrándose pegada al costado de la madera.

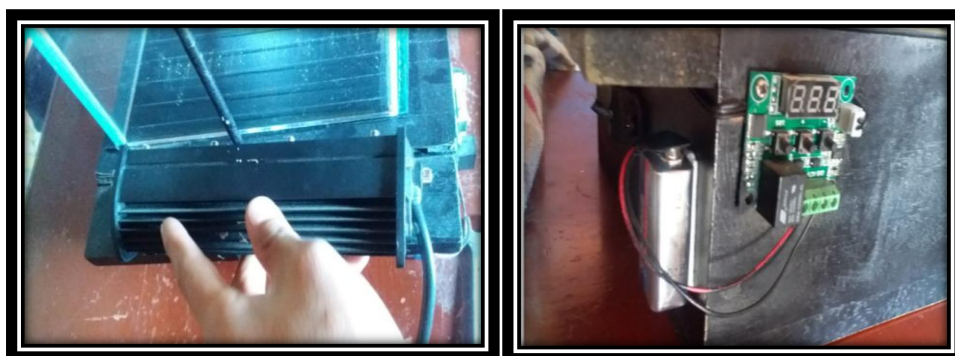


Figura 12-2. Instalación de la luz neblinera y el sensor de temperatura en la placa.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Finalmente, en el lado derecho de la estructura metálica se instauró una cámara web, misma que se contempla en la Figura 13-2, esta permitió identificar partículas ionizantes con toda la resolución posible y de mejor manera.

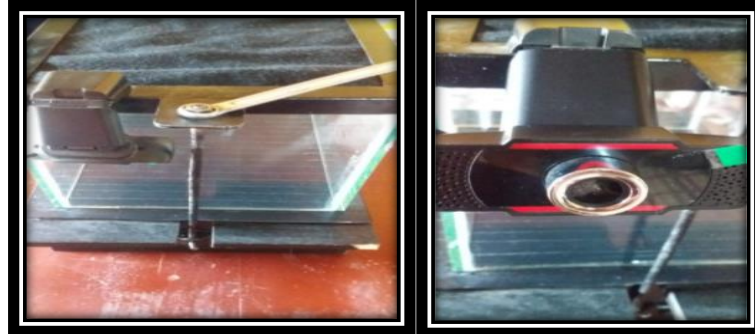


Figura 13-2. Cámara web instalada a la estructura metálica.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.6. Cámara de niebla construida

La cámara de niebla construida y detallada en la Figura 14-2, es un instrumento que puede ser trasladado de un lugar a otro y por ende tiene la capacidad de detectar las partículas ionizantes en diferentes sitios de estudio. Con la ayuda de una gradiente de temperatura entre el hielo seco y el alcohol isopropílico en su interior, permite la generación de trazas dadas por la radiación. En la Tabla 3-2 se ilustra todas las especificaciones técnicas del dispositivo.

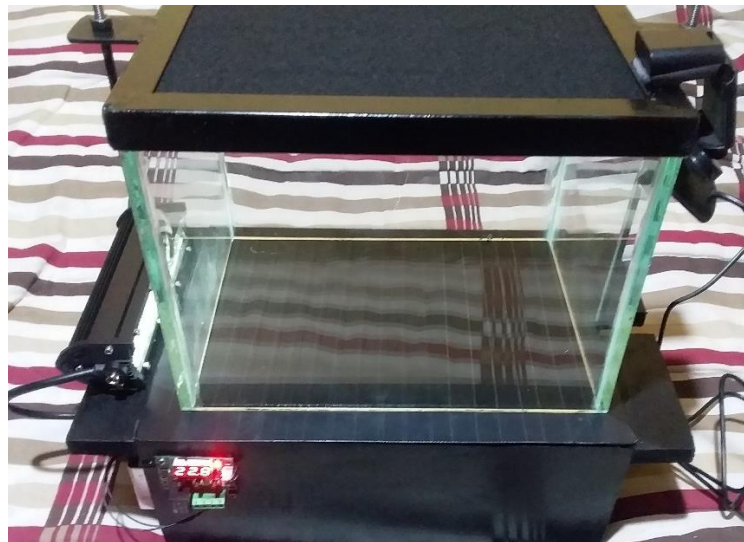


Figura 14-2. Cámara de niebla “construida”.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.7. Especificaciones técnicas

Tabla 3-2: Especificaciones técnicas de la cámara de niebla construida.

ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Placa de acero inoxidable	Mantiene una buena conductividad térmica con el hielo seco y al ser un metal transmite casi la misma temperatura del hielo hacia dentro de la cámara, sus dimensiones son (30x23,5) cm.
Sensor de temperatura W1209	Identifica la temperatura de la placa metálica presenta un rango de temperatura de -50° C a 110° C, funcionando con una batería de 9 V.
Linterna neblinera D-424-1	Permite visualizar las partículas ionizantes generadas dentro de la cámara de niebla, debido a que es una barra led halógena de 54 W, de luz directa.
Tela fieltro	Es un textil que no se encuentra tejido y posibilita absorber los líquidos en este caso el alcohol isopropílico.
Alcohol isopropílico	Presenta una pureza del 99,5% y esto hace que se desciende rápidamente a la zona fría de la placa generando así una niebla espesa.
Caja de vidrio	Se convierte en un volumen sensible de (27x20x20) cm, en el cual se dan los procesos de interacción de las partículas con la materia.
Hielo seco	Este gas comprimido de CO ₂ permite generar una temperatura de hasta -79°C, el cual es indispensable para obtener una gradiente de temperatura, se utiliza 2 kg aproximadamente.

Realizado por: Mera, L. 2021.

Para el desarrollo de este proyecto también se utilizaron otros equipos los cuales serán explicados en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Equipos utilizados para la toma de datos.

EQUIPO	CARACTERÍSTICA
GPS	Altímetro preciso / Portátil
Computador	Dell Core i5 / Portátil
Cámara web	FULL HD 1080P / Portátil
MATERIALES	CARACTERÍSTICA
Ficha de recolección de datos	Papel bond / tamaño A4
SOTWAR INFORMÁTICO	CARACTERÍSTICA
Excel	Graficar y procesar datos/ análisis de datos
Google Maps	Identificación de las zonas de estudio

Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.8. Equipos y software

La aplicación “Altimetro preciso” descargada en un celular Samsung J2 Pro tiene la función de actuar como un GPS, y este fue utilizado para determinar las coordenadas exactas de los 3 puntos de estudio dentro de la provincia de Cotopaxi, también sirvió para identificar la altitud a la cual se va a ubicar la cámara de niebla y evaluar la cantidad, así como el tipo de partículas que se pueden identificar. Otro equipo de vital importancia fue la cámara web, la cual tiene una resolución FULL HD 1080P y permite grabar videos de 1920x1080 pixeles, la capacidad de este dispositivo ayuda a visualizar trazas con mayor nitidez y al tener una conexión USB que se conecta al computador se pudo grabar los 21 videos, guardándolos en el disco duro para su posterior análisis y conteo de trazas. El programa Excel favoreció a tabular los datos de los 3 puntos seleccionados dentro de la provincia de Cotopaxi, y los datos de las 3 fuentes ubicadas en la cámara de niebla, permitiendo realizar gráficas comparativas de los mismo para su posterior procesamiento y análisis.

2.2.9. Ficha técnica

Se empleó una ficha técnica personal detallada en la Figura 15-2, en la que se especifica las coordenadas, la altitud, el tiempo con sus respectivos intervalos de 15 minutos durante 1 hora, el tipo y la cantidad de partículas ionizantes que se pueden identificar dentro de la cámara de niebla gracias a los 21 videos grabados.

DÍA				
FECHA:	ALTITUD:			
LUGAR:	COORDENADAS			
	LATITUD:		LONGITUD:	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN				
PARTÍCULAS ALFA				
ELECTRÓN BETA				
PRODUCCIÓN DE PARES				
ELECTRÓN CÓSMICO				
MUÓN				
KAÓN				
FOTOELETRONES				

Figura 15-2. Ficha técnica utilizada para recolectar datos.
Realizado por: Mera, L. 2021.

2.2.10. Funcionamiento

Una vez construida la cámara y para la realización de la toma de datos se debe desajustar los 2 tornillos de la placa metálica que se encuentran en la parte superior.

Luego se limpia la pecera para evitar errores de visualización y seguido a ello se debe rociar alcohol isopropílico en la tela fieltro aproximadamente 5 ml, pero no al extremo ya que esta puede gotear y dañar la visualización.

A continuación, es importante triturar 2 kg de hielo seco en pequeños bloques para luego colocarlos en la caja de madera.

Después se tapa con la placa metálica la madera, en ese momento se ubica la pecera boca abajo y haciendo presión se sitúa la estructura metálica ajustándolo de manera cuidadosa con los tornillos. Conjuntamente se conecta la luz led y también el sensor de temperatura a las baterías de 9 V.

Por último, se conecta la cámara web a la computadora por medio de la entrada USB, y se comienza a visualizar por medio de la PC las diferentes trazas que se originan dentro del volumen sensible.

2.3. Técnicas para la recolección de datos

2.3.1. Identificación de las partículas en los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi.

Con la cámara de niebla diseñada en el anterior apartado se realiza varias grabaciones por medio de la webcam, la cual fue instalada en la parte superior de la máquina, en donde se observa las partículas ionizantes que se originaron en los 3 puntos de estudio pertenecientes a la provincia de Cotopaxi.

En primer lugar, se determina el tiempo de estudio para este proyecto, según la investigación realizada en la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato, basado en la identificación de partículas ionizantes en el ambiente, se realizó un conteo de partículas ionizantes en un tiempo de 20 minutos e intervalos de 5 minutos, con la finalidad de obtener una media de la cantidad de partículas alfa existentes en ese lugar (Alcusa, 2010, p.16). Sin embargo, para este estudio se amplía el tiempo a una hora e intervalos de 15 minutos, debido a dos razones: la primera es por la funcionalidad del equipo, ya que el hielo seco y el alcohol isopropílico tienden a disminuir y por ende la gradiente de temperatura se reduce, ocasionando así que no se generen trazas, y la segunda razón es que con este tiempo se puede evidenciar más partículas, para poder tabular los datos y realizar un análisis más preciso de las partículas dadas en los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi, y así comprobar la hipótesis propuesta.

En segundo plano también se evaluó la temperatura arrojada por la placa, gracias a un sensor instalado en la cámara de niebla, el cual permitió determinar la influencia de la temperatura en la detección de partículas ionizantes.

Finalmente, se distingue la cantidad y el tipo de partículas originadas mediante las características de las trazas expuestas en la Tabla 5-2: protón, partículas alfa, electrón beta, producción de pares, electrón cósmico, muón, kaón, fotoelectrones y rayos cósmicos.

Este estudio se desarrolló por un periodo de 18 días, es decir 6 días por cada lugar (Los Illinizas, El Cotopaxi y El Quilotoa), los cuales estuvieron expuestos a diferentes alturas detalladas anteriormente con sus respectivas coordenadas geográficas. Se ocupó este lapso con la finalidad de obtener una cuantificación correcta y precisa acerca del tipo de las partículas que se dan específicamente en esas alturas.

Tabla 5-2: Características específicas de las partículas ionizantes según la traza.

PARTÍCULA IONIZANTE	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS
Fotoelectrones	Trayectoria con curvas. Trazas corta y fina. Múltiples cambios de dirección por las colisiones.
Producción de pares	Dejan trazas en forma de V. Trazas finas y curvadas.
Electrones beta	Trazas finas y erráticas. Se curva menos que los fotoelectrones. Se curva por la dispersión.
Electrones cósmicos	Trazas finas, rectas y semilargas. Casi sin desviaciones.
Partículas alfa	Trazas gruesa, muy brillantes y cortas. Trayectorias rectas.
Protones	Trazas semigruesas, luminosas (más intenso) y largas. Trayectoria recta y algunas veces se desvía.
Muones	Trazas muy grandes, semigruesas, largas y cruzan toda la cámara. Trayectoria recta. Dispersión del muón en L.
Kaón	Trazas finas, dispersas y semicortas. Trayectoria en forma de Y.
Rayos cósmicos	Trazas muy pequeñas, abundantes y cortas. Trayectoria recta y muy rápida.

Fuente: Alcusa, 2010.

Realizado por: Mera, L. 2021.

2.3.2. Identificación de partículas con 3 fuentes radiactivas (Sr-90, Na-22, U-238)

Para la identificación de las partículas ionizantes con las 3 fuentes radiactivas (Sr-90, Na-22 y U-238), cada una de las fuentes se ubicaron cerca de la cámara de niebla y al igual que en la detección de partículas de forma natural, se realizaron grabaciones gracias a la cámara web instalada, para su posterior análisis.

Con respecto al tiempo de estudio para estas partículas, la investigación de la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato basada en la identificación de la radiación de Rn-226, procedió a realizar un conteo de solo 2 minutos, debido a que la radiación del Rn-226 es mucho más fuerte (Alcusa, 2010, p.21). Las fuentes radiactivas utilizadas en este proyecto son didácticas a excepción del U-238, razón por la cual se tomaron los datos con 15 minutos y así evidenciar de mejor manera la existencia del tipo y cantidad de radiación ionizante, como también demostrar la validez de la cámara de niebla.

Para este caso se realizará la identificación y el conteo de partículas dadas en el interior de la cámara de niebla, gracias a las características de las trazas tal y como se puede apreciar en la Tabla 4-2.

Finalmente, este estudio se lo ejecutó durante 3 días, es decir un día por cada fuente radiactiva, para de esta manera obtener las partículas ionizantes que pudieran originarse en la cámara de niebla.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de resultados

Para el desarrollo del análisis e interpretación de resultados este proyecto se dividió por apartados, además, como se indicó en la metodología, esta investigación se apoyó en los 18 videos grabados durante 1 hora para los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi, y 3 videos grabados durante 15 minutos para las 3 fuentes radiactivas.

3.1.1. Identificación de las partículas que interaccionaron con la cámara de niebla procedentes de la radiación cósmica o de fuentes radiactivas

A continuación, se dará a conocer las partículas ionizantes que se pudieron observar en estos 21 videos grabados, no sin antes mencionar que para el caso de los lugares de la provincia de Cotopaxi se nombrará el fotograma en donde se encuentra la partícula con VGDÍA-NÚMERO-DEL-VIDEO, y para el caso de las partículas con la fuente radiactiva se nombrará el fotograma con VGNOMBRE-DE-LA-FUENTE, así como también se especificará en los dos casos el lugar y también el tiempo (hora, minuto y segundo) de donde apareció determinada traza.

3.1.1.1. Protón

Análisis: La Figura 1-3 evidencia la presencia de un protón obtenido en uno de los puntos de la provincia de Cotopaxi, y se representa con una traza recta, grande y semigruesa, al comparar con el protón obtenido en la Universidad Virtual del Estado de Guanajuato (UVGE) mostrado en la Figura 6-1, se puede señalar que son similares en su forma y estructura, además tienden a ser muy largas debido a su alto poder de ionización, sin embargo, existe una diferencia en la posición de la recta ya que la una se encuentra de forma horizontal y la otra de forma vertical, esto se da debido a que las trazas pueden entrar a la cámara de niebla por diferentes partes.

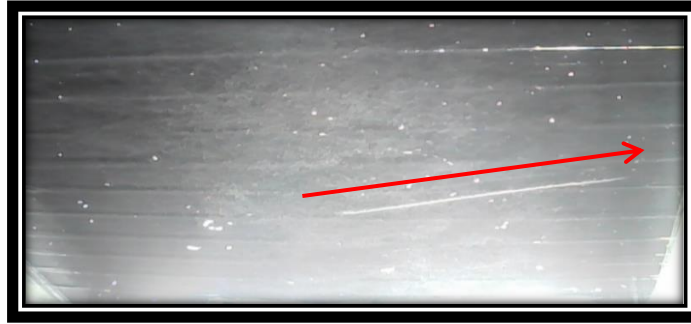


Figura 1-3. VGDÍA2-EL COTOPAXI, (0:14:36).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.2. Muón

Análisis: Otra de las partículas que se pudieron demostrar en la cámara de niebla fueron los muones, quizá son las partículas más representativas de las zonas altas pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, en la Figura 2-3, podemos evidenciar a un muón con una traza muy grande, delgada y cruza de manera diagonal por toda la placa de metal, debido a la gran cantidad de energía que estos poseen, por otra parte, el muón detectado en las investigaciones de la UVGE, el cual se representa en la Figura 8-1, posee las mismas características y además tienen una trayectoria recta, demostrando así su alto poder de penetrabilidad.



Figura 2-3. VGDÍA4-EL COTOPAXI, (0:34:45).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.3. Kaón

Análisis: De la misma manera en esta investigación se pudo detectar la presencia de un kaón, el cual se encuentra representado por la Figura 3-3, su trazado es muy característico, ya que exhibió 3 líneas delgadas, rectas y en distintas posiciones, cada una de ellas simboliza a los cuarks,

antiquarks y al pion, los mismos que son considerados como las partículas más pequeñas del universo. Al comparar con el kaón que se dibujó (Figura 10-1) en el centro especializado para la construcción de cámaras de niebla conocido como Nuledo, se puede determinar que el trazado visto ahí es idéntico y se asemeja a una Y invertida, producida por la interacción de un pion y un protón, además, las estelas vistas son líneas muy delgadas y no tan pronunciadas, por consiguiente, se puede establecer que estas partículas no producen una gran cantidad de energía.



Figura 3-3. VGDÍA8-EL COTOPAXI, (0:19:49).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.4. *Electrón beta*

Análisis: La Figura 4-3 indica la presencia de 2 electrones betas y de un muón, sin embargo, nos dedicaremos al estudio solo de los electrones beta, al compararlos con los análisis dados por la UVGE (Figura 5-1), se puede deducir que sus trazas son iguales ya que poseen estelas delgadas e irregulares presentando una cierta curvatura, esto se puede determinar por los constantes “scatterings” o dispersiones de la partícula ionizante, en este sentido se deduce que la energía es limitada debido a que el trazado es muy pequeño y delgado.



Figura 4-3. VGDÍA13-LOS ILLINIZAS, (0:08:28).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.5. Electrón

Análisis: Además, se pueden evidenciar electrones dentro de la cámara de niebla, la Figura 5-3 detalla 2 electrones entrecruzados mismos que fueron detectados en la provincia de Cotopaxi, según las investigaciones de la UVEG también se revelaron electrones, pudiéndose apreciar en la Figura 3-1, estos desplegaron líneas delgadas y entrecortadas similares a los conseguidos en la cámara de niebla construida, es importante señalar que las partículas halladas presentan una trayectoria recta, como ya se vio anteriormente en las otras trazas la rectitud indica una energía alta de ionización, es decir, que entre más curvado se encuentre la partícula menor energía logrará tener.

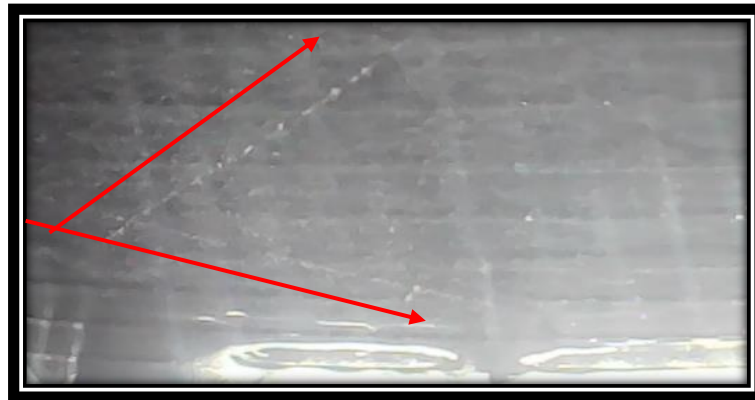


Figura 5-3. VGDÍA1-LOS ILLINIZAS, (0:55:47).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.6. Producción de pares

Análisis: En la Figura 6-3 se aprecia uno de los fenómenos más conocidos por la física de partículas, la producción de pares dentro de la cámara de niebla se da en uno de los puntos de estudio de la provincia de Cotopaxi, las características del trazado son muy notorias ya que se representan en forma de una V con dos estelas delgadas y cortas de baja energía de ionización, mismas que simbolizan a un positrón o electrón, exhiben rasgos semejantes a los estudios realizados por la UVEG, sin embargo, la producción de pares evidenciada en la Figura 7-1 son más identificables con respecto a las partículas detectadas con nuestra cámara de niebla construida, esto se debe a que el equipo utilizado en la UVEG tiene características únicas tanto en su estructura como en su funcionamiento, además, en los dos estudios realizados llegamos a la resolución de que para poder identificar un electrón o positrón, es necesario la existencia de un campo magnético y solo mediante la dirección de las trazas expuestas lograremos saber de qué partícula se trata.



Figura 6-3. VGDÍA4-EL COTOPAXI, (0:22:07).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.7. *Partícula alfa*

Análisis: La partícula alfa, que se puede apreciar en la Figura 7-3 acoge características similares a la que se presentó por la UVGE en la Figura 2-1, sus trazados son cortos y muy brillosos, además, se pudo deducir que son las partículas con mayor energía de ionización, debido a que su grosor en algunos casos es muy evidente, y tienen un bajo poder de penetración por su poca trayectoria. Para este caso, también se pudo determinar que las partículas alfa procedentes de las fuentes radiactivas tienden a ser más gruesas que las detectadas por los rayos cósmicos, esto puede ser debido a que la cámara de niebla se encontraba más cerca de la fuente radiactiva y las partículas podían penetrar fácilmente.



Figura 7-3. VGSODIO-ESPOCH, (0:03:35).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.8. *Fotoelectrones*

Análisis: También se encontraron una multitud de fotoelectrones, este fenómeno dado por la interacción de un fotón con la materia se pudo evidenciar en la Figura 8-3, y es el que mayor desviaciones ha presentado en su recorrido debido a sus constantes dispersiones representadas por su curvatura, esta partícula concuerda con la presentada por la UVGE en la Figura 4-1, y al

igual que los electrones beta, tienen una energía de penetración muy escasa, debido a que se exhibieron trazas muy cortas y finas.



Figura 8-3. VGDÍA9-EL QUILOTOA, (0:12:02).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.1.9. Rayos cósmicos

Análisis: Las partículas con mayor presencia en la cámara de niebla fueron los rayos cósmicos representados por la Figura 9-3, donde se pueden apreciar una gran cantidad de puntos blancos y pequeñas trazas, las cuales llegaron directamente al interior de la cámara de niebla, es así como en la Figura 9-1, misma que simboliza a la lluvia cósmica dibujada por el centro especializado en la construcción de cámaras de niebla Nuledo, posee características similares a las encontradas en la superficie de la placa metálica, mostrando una menor cantidad de energía y por ende menor penetrabilidad debido a sus estelas muy cortas.



Figura 9-3. VGDÍA12-LOS ILLINIZAS, (0:15:46).
Realizado por: Mera, L. 2021.

3.1.2. Cantidad y tipo de partículas obtenidas en los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi

Para obtener la cantidad y el tipo de partículas detectadas durante los 6 días de estudio en los 3 puntos seleccionados, se realizó una sumatoria de cada una de las partículas encontradas por intervalos de 15 minutos, teniendo por cada partícula 4 datos de los cuales se halló una media para conseguir un aproximado de la cantidad precisa de las trazas (Ecuación 1). A continuación,

se reporta el número total de las partículas ionizantes detectadas por la cámara de niebla a 3 altitudes: El Cotopaxi (4525 msnm), Los Illinizas (4110 msnm) y El Quilotoa (3874 msnm), representados por la Tabla 1-3, Tabla 2-3, Tabla 3-3 respectivamente.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \quad (1)$$

Tabla 1-3: Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en El Cotopaxi.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas	Promedio (No) y error
El Cotopaxi	4525	Protones	0:00-15:00	10	8±4
			15:00-30:00	12	
			30:00-45:00	6	
			45:00-60:00	3	
		Partículas alfa	0:00-15:00	28	32±13
			15:00-30:00	50	
			30:00-45:00	30	
			45:00-60:00	20	
		Electrones beta	0:00-15:00	145	131±19
			15:00-30:00	150	
			30:00-45:00	114	
			45:00-60:00	114	
		Producción de pares	0:00-15:00	22	25±12
			15:00-30:00	41	
			30:00-45:00	22	
			45:00-60:00	13	
		Electrones	0:00-15:00	213	213±19
			15:00-30:00	235	
			30:00-45:00	216	
			45:00-60:00	188	
		Muón	0:00-15:00	12	14±7
			15:00-30:00	24	
			30:00-45:00	10	
			45:00-60:00	8	
		Kaón	0:00-15:00	0	0±1
			15:00-30:00	1	
			30:00-45:00	0	
			45:00-60:00	0	
Fotoelectrones	0:00-15:00	117	102±22		
	15:00-30:00	123			
	30:00-45:00	75			
	45:00-60:00	91			

Realizado por: Mera, L. 2021.

Tabla 2-3: Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en Los Illinizas.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas	Promedio (No) y error
Los Illinizas	4110	Protones	0:00-15:00	4	7±3
			15:00-30:00	8	
			30:00-45:00	7	
			45:00-60:00	8	
		Partículas alfa	0:00-15:00	28	32±11
			15:00-30:00	37	
			30:00-45:00	19	
			45:00-60:00	43	
		Electrones beta	0:00-15:00	89	94±19
			15:00-30:00	103	
			30:00-45:00	70	
			45:00-60:00	115	
		Producción de pares	0:00-15:00	27	22±9
			15:00-30:00	21	
			30:00-45:00	9	
			45:00-60:00	29	
		Electrones	0:00-15:00	106	123±22
			15:00-30:00	147	
			30:00-45:00	101	
			45:00-60:00	136	
		Muón	0:00-15:00	7	6±2
			15:00-30:00	7	
			30:00-45:00	6	
			45:00-60:00	4	
		Kaón	0:00-15:00	0	0±1
			15:00-30:00	1	
			30:00-45:00	0	
			45:00-60:00	0	
Fotoelectrones	0:00-15:00	77	84±13		
	15:00-30:00	93			
	30:00-45:00	69			
	45:00-60:00	95			

Realizado por: Mera, L. 2021.

Tabla 3-3: Número total de las 8 partículas ionizantes detectadas en El Quilotoa.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas	Promedio (No) y error
El Quilotoa	3874	Protones	0:00-15:00	3	3±2
			15:00-30:00	3	
			30:00-45:00	3	
			45:00-60:00	2	
		Partículas alfa	0:00-15:00	11	14±4
			15:00-30:00	20	
			30:00-45:00	12	
			45:00-60:00	13	
		Electrones beta	0:00-15:00	31	51±16
			15:00-30:00	69	
			30:00-45:00	50	
			45:00-60:00	53	
		Producción de pares	0:00-15:00	3	3±2
			15:00-30:00	4	
			30:00-45:00	1	
			45:00-60:00	3	
		Electrones	0:00-15:00	40	52±13
			15:00-30:00	70	
			30:00-45:00	51	
			45:00-60:00	47	
		Muón	0:00-15:00	1	2±1
			15:00-30:00	3	
			30:00-45:00	2	
			45:00-60:00	2	
		Kaón	0:00-15:00	0	0±0
			15:00-30:00	0	
			30:00-45:00	0	
			45:00-60:00	0	
Fotoelectrones	0:00-15:00	22	25±8		
	15:00-30:00	36			
	30:00-45:00	23			
	45:00-60:00	19			

Realizado por: Mera, L. 2021.

De la media obtenida por cada una de las partículas se puede hallar el error, el mismo que se establece por el mayor número entre la desviación estándar (Ecuación 1) o la raíz de la media (Ecuación 2), esto se hace debido a que es un proceso basado en el análisis cualitativo y aproximado, así pues, se busca el máximo error posible, debido a que en algunas ocasiones se puede confundir ciertas partículas con otras por sus formas irregulares, por lo que se puede asumir

que los errores obtenidos los cuales son algo grandes, pueden ser aceptados por las características propias del proceso experimental.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (2)$$

$$X = \sqrt{\bar{X}} \quad (3)$$

En la Tabla 1-3 perteneciente al primer punto de estudio y que hace referencia a El Cotopaxi, se puede observar que existe una mayor cantidad de trazas con un total de 525 partículas ionizantes, de las cuales, dentro de las partículas básicas con mayor presencia se tienen a los electrones con una cantidad de 213 ± 9 , seguido a ello se encuentran a las partículas raras, y en representación de las mismas se hallan a los muones con un número de 14 ± 7 , por último se debe señalar a las partículas muy raras descritas por el kaón con una cantidad de 0 ± 1 en la general, sin embargo, es importante marcar que dentro del intervalo (15-30) min, si se detectó un solo kaón.

Por otra parte, en la Tabla 2-3, al tratarse de los Illinizas, también se puede evidenciar una gran cantidad de estelas con un total de 368 partículas ionizantes, por lo que en el caso de las partículas básicas con mayor presencia se encuentran los electrones con un número de 123 ± 22 , dentro de las partículas raras se detecta a el muón con una cantidad de 6 ± 2 , por último, se analizan las partículas muy raras y en representación a ellas está el kaón con un 0 ± 1 , al igual que en El Cotopaxi también existió un solo kaón en el intervalo (15-30) min.

Finalmente, en la Tabla 3-3 perteneciente a El Quilotoa, se puede apreciar varias trazas con un total de 150 partículas ionizantes, de las cuales, dentro de las partículas básicas con mayor cantidad se encuentran a los electrones, mismos que tienen un número de 52 ± 13 y en el caso de las partículas raras con mayor presencia se hallan a los muones con 2 ± 1 .

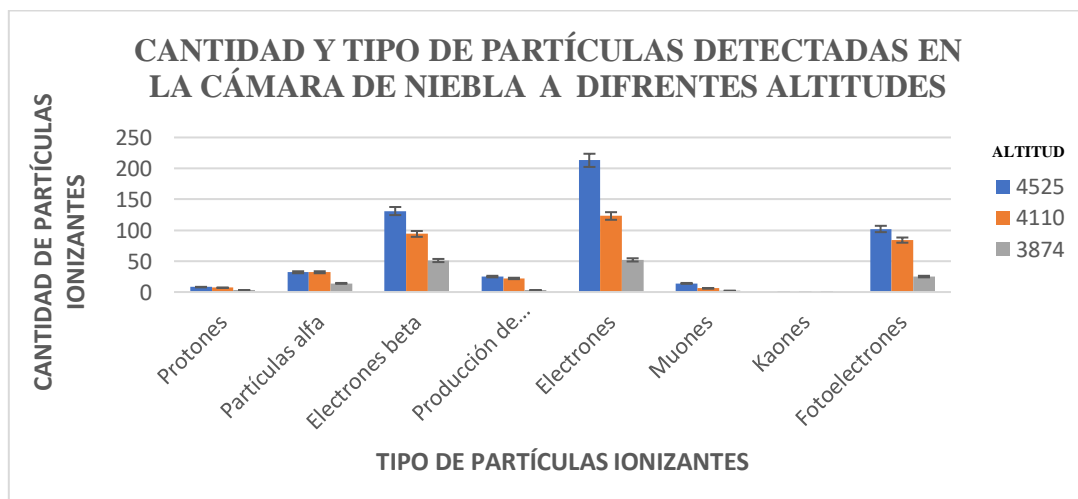


Gráfico 1-3. Partículas ionizantes detectadas a diferentes altitudes.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Evidentemente los datos experimentales obtenidos tienden a ser probabilísticos, es decir, no se pudieron denotar valores fijos de partículas ionizantes en cada día de estudio, ya que se basan

solo en la posibilidad de que alguno de los rayos cósmicos puedan interactuar con la materia, para que así sean percibidos por el volumen sensible, sin embargo, en el Gráfico 1-3, se muestra la media de partículas ionizantes, las cuales fueron detectadas a 3 diferentes alturas evidenciando así una particular tendencia, debido a los fenómenos físicos existentes, la barra marcada con un color azul exhibe la cantidad de partículas manifestadas por la cámara de niebla en El Cotopaxi con una altitud de 4525 msnm, la barra de color anaranjado hace referencia a el número de trazas presentes en Los Illinizas con una altitud de 4110 msnm, de esto se puede inferir que en estos dos lugares la presencia de partículas es más evidente pero aún así en El Cotopaxi la muestra de trazas es muy grande, por otro lado, en El Quilotoa con una altitud de 3874 msnm representado por la tercera barra de color plomo, se evidencia la presencia de menos trazas.

En resumidas cuentas, en El Cotopaxi debido a que se encuentra en un lugar relativamente alto, las partículas que llegan del espacio e interactúan con la materia son detectadas en mayor cantidad por la cámara, mientras que las partículas detectadas en el Quilotoa pudieron ser atenuadas en la atmósfera, a razón de que debían recorrer una mayor distancia, haciendo que se pierda energía o velocidad y por tal motivo no llegar a la cámara. En este sentido se comprende que existe una relación directamente proporcional entre la altitud y la presencia de partículas ionizantes, por lo que después de realizar dicho análisis se acepta la hipótesis, la cual se propuso que: la cantidad y el tipo de partículas ionizantes detectadas por la cámara de niebla pueden depender de la altitud.

3.1.3. Cantidad y tipo de partículas obtenidas con las 3 fuentes radiactivas.

Para este apartado, es importante señalar que solo se cuantifica las partículas en intervalos de 15 minutos, debido a la producción excesiva de partículas básicas, convirtiéndose en un conteo altamente dificultoso. A continuación, se reporta el total del tipo y la cantidad de partículas ionizantes presentes en la cámara de niebla debido a la influencia de 3 fuentes radiactivas: Na-22, Sr-90 y U-238 representados por la Tabla 4-3, Tabla 5-3 y Tabla 6-3 respectivamente.

Tabla 4-3: Número total de las 8 partículas ionizantes con el Na-22.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	0
		Partículas alfa	0:00-15:00	19
		Electrones beta	0:00-15:00	62
		Producción de pares	0:00-15:00	8
		Electrones	0:00-15:00	42
		Muón	0:00-15:00	1
		kaón	0:00-15:00	0
		Fotonelectrones	0:00-15:00	49

Realizado por: Mera, L. 2021.

Tabla 5-3: Número total de las 8 partículas ionizantes con el Sr-90.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	1
		Partículas alfa	0:00-15:00	14
		Electrones beta	0:00-15:00	27
		Producción de pares	0:00-15:00	3
		Electrones	0:00-15:00	12
		Muón	0:00-15:00	0
		kaón	0:00-15:00	0
		Fotoelectrones	0:00-15:00	13

Realizado por: Mera, L. 2021.

Tabla 6-3: Número total de las 8 partículas ionizantes con el U-238.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	3
		Partículas alfa	0:00-15:00	30
		Electrones beta	0:00-15:00	4
		Producción de pares	0:00-15:00	2
		Electrones	0:00-15:00	3
		Muón	0:00-15:00	1
		kaón	0:00-15:00	0
		Fotoelectrones	0:00-15:00	2

Realizado por: Mera, L. 2021.

Es importante añadir que en este caso no se determinó el error ya que fueron partículas contadas en un solo intervalo de 15 minutos, por lo que solo podemos inferir que si existió un error se lo puede atribuir al error humano, más no del sistemático.

La Tabla 4-3 hace referencia a la fuente del Na-22, donde se puede destacar un número elevado de partículas ionizantes con un aproximado de 181 estelas, de las cuales, las partículas básicas con mayor presencia son los electrones beta, encontrándose con una cantidad de 62 partículas, también se puede exhibir partículas raras y en representación de ellas se encuentra el muón con una sola traza, no existen partículas muy raras debido a que no nos encontramos en un lugar demasiado alto.

Por otro lado en la Tabla 5-3 la cual representa a la fuente del Sr-90, se puede encontrar 70 partículas ionizantes, en donde también se destaca con mayor presencia de partículas básicas a los electrones beta, con un aproximado de 27, para este caso no se pudieron detectar partículas raras ni tampoco muy raras, debido a que no se obtuvo una altitud ideal.

Por consiguiente en la Tabla 6-3, podemos distinguir 45 partículas ionizantes con la fuente del U-238, de la cual se produjeron partículas básicas y en representación de ellas se encuentran las

partículas alfa con una cantidad de 30 trazas, se detectó 1 partícula rara representada por el muón y nada de partículas muy raras, por la misma razón de las 2 tablas anteriores.

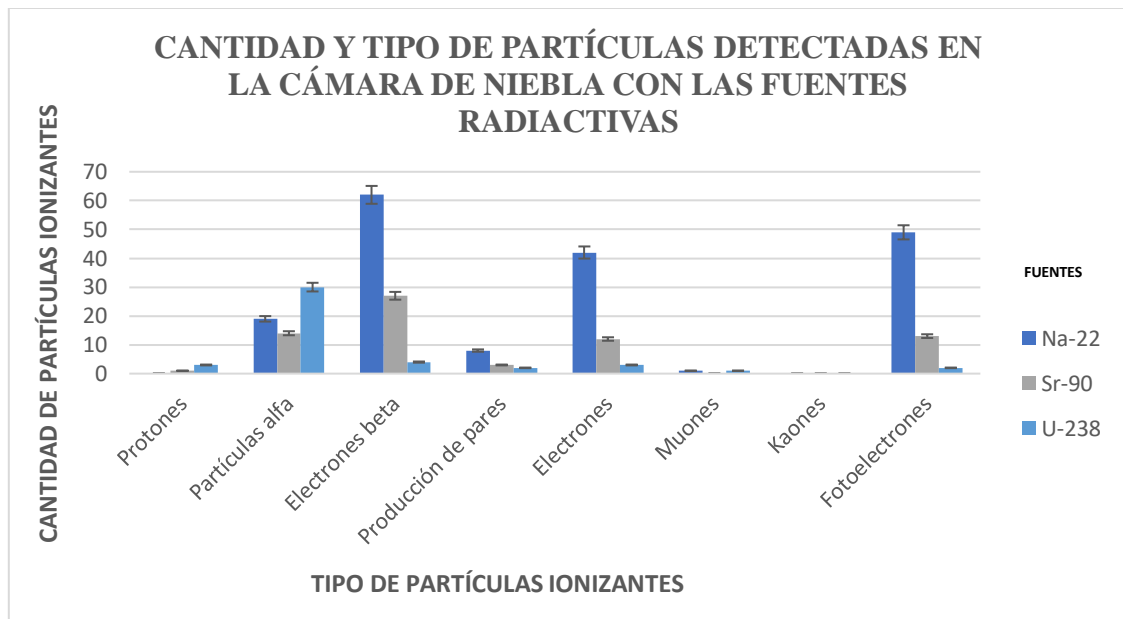


Gráfico 2-3. Partículas ionizantes detectadas con diferentes fuentes.
Realizado por: Mera, L. 2021.

En la Gráfico 2-3 se evidencia el tipo y cantidad de partículas que se pudieron detectar por la influencia de 3 fuentes radiactivas, el Na-22 es un isótopo inestable que se caracteriza por tener decaimientos beta, es por ello que existe un mayor número de electrones beta dentro de la cámara de niebla denotada por la barra más alta con un color azul intenso. Con el Sr-90, existieron menos partículas que las del Na-22, sin embargo, este isótopo al ser inestable al igual que las 3 fuentes de estudio tiende a liberar radiación beta constantemente, razón por la cual en la gráfica, la barra de color plomo con mayor tamaño representa a los electrones beta producto de estas desintegraciones.

En el caso del U-238, se trabajó con una piedra muy pequeña para de esa forma evitar las altas exposiciones de radiación, pero, al ser un isótopo altamente inestable su mayor producción son de partículas alfa, este fenómeno si se pudo manifestar en el volumen sensible de la cámara de niebla, es por ello que la barra más alta de color celeste representa a las mencionadas partículas ionizantes. De la misma forma existen otras partículas procedentes del ambiente en el que nos encontramos, las cuales no se tomaron en cuenta específicamente para este punto.

Con todo esto podemos deducir que la cámara de niebla construida se encuentra en perfectas condiciones y puede ser utilizada para análisis tanto externos como internos, además de ser expuesta a diferentes fuentes radiactivas, permite conocer todas las partículas ionizantes que pueden existir en ese momento.

3.1.4. Influencia de la temperatura en la cámara de niebla

Uno de los factores a evaluar perteneciente a la hipótesis es la temperatura, misma que permite la formación de una gradiente fenómeno detallado en el Capítulo I, para lo cual, gracias al sensor colocado en el interior de la cámara de niebla, se pudo tomar los datos de temperatura de la placa metálica en intervalos de 15 minutos hasta llegar a la hora, los mismos que se ocuparon para la detección de las partículas ionizantes, se realizó una media de datos para los 6 días correspondientes a cada zona de estudio en la provincia de Cotopaxi (Ecuación 1).

También se identificó la temperatura ambiente de cada punto durante una hora, no se tomó en intervalos debido a que esta magnitud no variaba en el periodo de tiempo señalado, para lo cual también se efectuó una media de datos por los 6 días de cada zona de estudio correspondientes a la provincia de Cotopaxi (Ecuación 1).

A continuación, se reporta los datos de temperatura de la placa metálica y de la temperatura ambiente representados por la Tabla 7-3 y Tabla 8-3 respectivamente.

Tabla 7-3: Temperatura promedio de la placa metálica ubicada en la cámara de niebla.

Lugar	Temperatura °C (0-15) min	Temperatura °C (15-30) min	Temperatura °C (30- 45) min	Temperatura °C (45-60) min
El Cotopaxi	-45±3	-47±2	-45±3	-46±1
Los Illinizas	-45±2	-46±2	-45±2	-46±2
El Quilotoa	-39±2	-44±2	-41±2	-40±2

Realizado por: Mera, L. 2021.

Tabla 8-3: Temperatura ambiente promedio de los 3 puntos de la provincia de Cotopaxi.

Lugar	Temperatura ambiente °C
El Cotopaxi	-2±2
Los Illinizas	1±2
El Quilotoa	5±2

Realizado por: Mera, L. 2021.

Antes de proceder con el análisis de las tablas es importante recordar que el error de dichas temperaturas está dado por la desviación estándar de la (Ecuación 2), esto permite tener una idea clara de que los datos obtenidos de temperatura no están muy alejados de la realidad, debido a que sus errores son mínimos.

De acuerdo con lo detallado por las tablas, existe una notable diferencia entre la temperatura de la placa metálica con la del ambiente, en la Tabla 7-3 se puede apreciar solo cantidades negativas por encima de los -40°C a excepción de una, esto se da debido a la influencia del hielo seco, además, la cantidad llega a ser constante para los 3 lugares ya que solo depende del hielo, el mismo que se encuentra a una temperatura de hasta -79°C. Para el caso de la Tabla 8-3 las

temperaturas son más altas con un rango de -2°C a 5°C , teniendo una magnitud baja en el Cotopaxi, y alta en el Quilotoa, las notables diferencias de altitudes en cierto punto pueden hacer efecto en el cambio de temperatura.

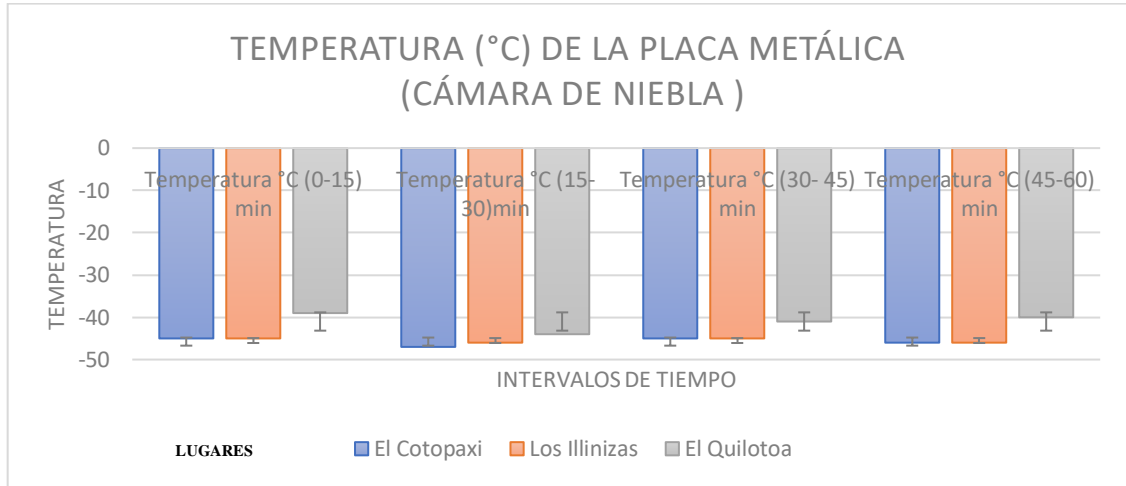


Gráfico 3-3. Temperaturas obtenidas por la placa metálica en intervalos de tiempo.
Realizado por: Mera, L. 2021.

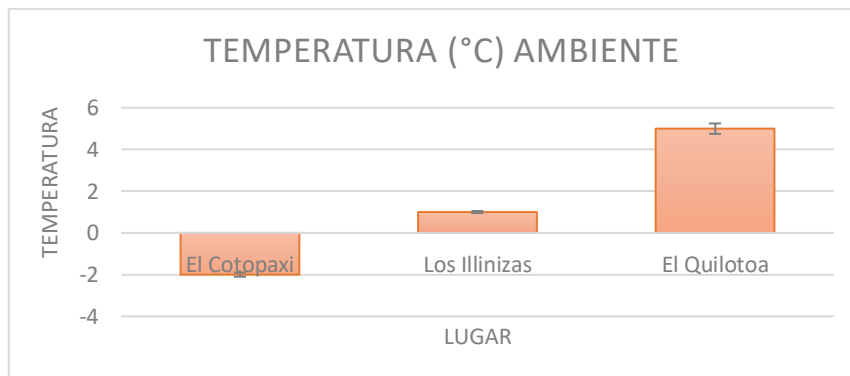


Gráfico 4-3. Temperatura ambiente promedio de los 3 lugares de estudio.
Realizado por: Mera, L. 2021.

Para que se suministre la gradiente de temperatura en el interior de la cámara de niebla es muy importante tener estas dos diferencias de magnitudes, en la Gráfico 3-3 se puede destacar la temperatura más fría dada por la placa en intervalos y en la Gráfico 4-3 tenemos la temperatura ambiente más caliente de los 3 lugares estudiados, de este modo, al momento de ubicar el alcohol isopropílico en la parte interna de la caja de vidrio, la temperatura ambiente se va a encontrar encerrada, debido a que la caja es ubicada boca abajo, es así como interacciona con la temperatura de la placa metálica, haciendo que exista una adecuada atmósfera dentro del volumen sensible, ya que el alcohol puede descender hacia la zona más fría y así generar una capa muy sensible para que la partícula ionizante puede dibujarse.

En el Quilotoa es evidente la presencia de esta gradiente, tanto de la temperatura ambiental como de la placa exhiben una gran diferencia entre las dos, la cual hace que se genere un ambiente de niebla, por lo que en la Tabla 3-3 se evidenciaron partículas ionizantes, pero debido a que se encontraban a una baja altitud con los otros puntos de estudio, la cantidad disminuyó. Lo mismo ocurre en Los Illinizas, ya que la temperatura ambiente al ser mayor que cero interactúa con temperaturas frías de la placa, en consecuencia es más fácil que se detecten partículas tal y como se probó en la Tabla 2-3, por otro lado, a pesar de que en el Cotopaxi la temperatura ambiente es negativa, al influir con la temperatura de la placa que es más baja todavía si se genera una cierta diferenciación de esta magnitud, y por lo tanto se produce la neblina capaz de poder detectar estelas en el interior de la cámara de niebla, sin embargo, si el ambiente fuera aún más frío se asemejaría a la temperatura de la placa, haciendo de que no haya una diferenciación de esta magnitud y por ello no se podrían ver partículas ionizantes.

De esta manera, se puede afirmar que la detección de partículas ionizantes depende de la temperatura, ya que, al no existir suficiente gradiente de temperatura en la cámara, no se va a poder detectar ninguna traza o tipos de trazas propias del lugar de estudio, por lo que la hipótesis planteada se acepta, la cual alude que: la cantidad y el tipo de partículas ionizantes detectadas en la cámara de niebla pueden depender de la temperatura.

3.1.5. Influencia del tiempo en la cámara de niebla

Como se detalló anteriormente la cantidad de partículas ionizantes dependen de la altitud y también de la temperatura, sin embargo, con la variable del tiempo no sucede lo mismo, debido a que el número de trazas que se expresan durante los intervalos de tiempo, son basados en la probabilidad de que los rayos cósmicos choquen con la cámara de niebla, esto se puede apreciar en la Tabla 1-3, Tabla 2-3 y Tabla 3-3, en donde, las partículas ionizantes detectadas por el equipo pueden ir variando y no siempre van a existir la misma cantidad, es decir, que las partículas se pueden presentar en cada uno de los 4 intervalos de 15 minutos en mayor o menor proporción, dependiendo de los diferentes lugares y condiciones (temperatura y altitud) en donde se ubique la cámara.

Por otra parte, según la Tabla 2-2 en donde se realizó el último ensayo de la cámara de niebla, existe un tiempo de inactividad aproximado de 1 a 2 minutos, los cuales están dentro de los intervalos de estudio, en muchas ocasiones esto no se da así e inmediatamente se logra visualizar las trazas en cualquier tiempo, por este motivo la hipótesis con respecto al tiempo se rechaza, la cual menciona que: la cantidad y el tipo de partículas ionizantes detectadas en la cámara de niebla pueden depender del tiempo.

Tabla 9-3: Comparación de resultados del tipo y número de partículas con diferentes altitudes.

Altitud (msnm)	Protón	Partícula alfa	Electrón beta	Producción de pares	Electrón	Muón	Kaón	Fotoelectrón
4525	8±4	32±13	131±19	25±12	213±19	14±7	0±1	102±22
4110	7±3	32±11	94±19	22±9	123±22	6±2	0±1	84±13
3874	3±2	14±4	51±16	3±2	52±13	2±1	0±0	25±8

Realizado por: Mera, L. 2021.

Análisis: La Tabla 9-3 muestra una gran cantidad de trazas que se pudieron detectar por la cámara de niebla, entre ellas se encuentran: protones, partículas alfa, electrones beta, producción de pares, electrones, muones, kaones y fotoelectrones, las mismas que a altitudes grandes (4525, 4110, 3874) msnm, se ven incrementadas con respecto a su cantidad, donde se puede deducir que la variación del número de partículas ionizantes se apegan notablemente a la teoría, aludiendo que, en las montañas la dosis de radiación cósmica es muy elevada con respecto al nivel del mar (Consejo de Seguridad Nuclear, 2010, p. 8).

Tabla 10-3: Comparación de resultados del tipo y número de partículas con diferentes fuentes.

Fuente	Protón	Partícula alfa	Electrón beta	Producción de pares	Electrón	Muón	Kaón	Fotoelectrón
Na-22	0	19	62	8	42	1	0	49
Sr-90	1	14	27	3	12	0	0	13
U-238	3	30	4	2	3	1	0	2

Realizado por: Mera, L. 2021.

Análisis: La Tabla 10-3 demuestra el conteo de partículas ionizantes, las cuales son casi iguales a las estudiadas a diferentes altitudes, entre ellas podemos encontrar a: los protones, partículas alfa, electrones beta, producción de pares, electrones, muones y fotoelectrones, las mismas que con ciertas fuentes tienden a incrementar en su cantidad debido a la inestabilidad atómica. Un estudio realizado por la UVEG en el año 2012, en el que se dedicó al conteo de solo partículas alfa por la fuente del Rn-222, detectó un aproximado de 94 partículas, y al comparar dicho número con la cantidad de partículas alfa procedentes del U-238, se consigue apreciar una cierta diferencia, misma que se pudo dar debido a la poca cantidad de U-238 con la que se trabajó, a diferencia del Rn-222 el cual se encontraba en casi todo el ambiente, sin embargo, las partículas alfa si resaltaron sobre las demás producto de su decaimiento, encontrándose en un rango muy alto similar al del Rn-222.

Tabla 11-3: Comparación de temperaturas en diferentes lugares.

Lugar	Temperatura promedio del ambiente °C	Temperatura promedio de la placa °C
El Cotopaxi	-2±2	-46±1
Los Illinizas	1±2	-46±1
El Quilotoa	5±2	-41±1

Realizado por: Mera, L. 2021.

Análisis: En la Tabla 11-3 se puede observar el promedio de temperaturas de la placa metálica del equipo por cada punto de estudio, al comparar esta magnitud con una de las cámaras de niebla desarrolladas profesionalmente en la Universidad de Los Andes (2002), estas presentan temperaturas de hasta -40°C , lo cual se asemeja notoriamente a nuestros datos y se puede considerar a estas magnitudes como ideales para observar trazas en el interior del volumen sensible. De la misma manera, en ese mismo estudio se detalla la temperatura ambiente en diferentes regiones con un valor promedio de 22°C , al comparar con los datos de las 3 zonas de experimentación estos son muy bajos, pero se encuentran en un rango aceptable para que se genere la gradiente de temperatura, por lo que es importante tener a esta magnitud relativamente alta, debido a que permite crear la neblina y por lo tanto detectar las partículas ionizantes.

CONCLUSIONES

La detección de partículas ionizantes se llevó a cabo gracias a la construcción de una cámara de niebla, misma que fue elaborada mediante un depósito pequeño para ubicar el hielo seco, una placa metálica cubierta con cinta negra, y una caja de vidrio, generando el fenómeno conocido como neblina en el interior del vidrio, lo cual, permitió visualizar con mayor eficiencia los diferentes trazados en cualquier zona de estudio.

La cámara de niebla es un instrumento portátil, ya que no solamente se puede utilizar en un laboratorio, sino que permite llevarla a los puntos más altos de diferentes montañas y así comprobar varios fenómenos físicos que exhiben las partículas

En el Cotopaxi, Los Illinizas y El Quilotoa, se detectaron mediante la cámara de niebla, 525, 368, y 150 partículas ionizantes respectivamente, durante los 6 días de investigación demostrando que existe una mayor cantidad de interacciones en las zonas más altas.

En los 3 puntos de estudio pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, se pudieron identificar 8 tipos de partículas ionizantes, mediante las diferentes características del trazado.

La cámara de niebla construida funciona de manera adecuada, misma que fue instalada en el laboratorio de Técnicas Nucleares de la ESPOCH, y será de gran utilidad para los politécnicos, donde podrán realizar sus respectivas prácticas de laboratorio logrando de esta manera que el alumno tenga un conocimiento no solo teórico, sino también práctico y didáctico con respecto a la Física Nuclear.

RECOMENDACIONES

Para el uso de la cámara de niebla, se recomienda tapar inmediatamente el hielo seco con la placa metálica y la caja de vidrio, todo esto con la finalidad de evitar que se generen pequeñas manchas blancas en la superficie de la placa, dificultando así la visualización de trazas.

Tener en cuenta que no debe existir ningún orificio en la caja de vidrio por donde se escape la neblina, en caso de darse se lo puede tapar con un pedazo de plastilina de color negro, el cual permitirá mantener una gradiente de temperatura muy proporcionada.

Utilizar una cámara web profesional específicamente con una mayor cantidad de pixeles, la misma que ayudará a identificar todas las partículas existentes en el equipo.

También es aconsejable la instalación de un campo magnético en la cámara de niebla, para así distinguir los positrones de los electrones, con este parámetro el equipo podrá ser más completo en la detección de partículas ionizantes.

En el caso de los estudiantes que vayan a realizar prácticas de laboratorios, se recomienda tomar los datos de las partículas en intervalos de 15 a 20 minutos, para así tener una media y aproximarse a valor real de las partículas existentes en ese lugar.

El conteo de partículas mediante los videos grabados por la cámara web, se puede realizar por dos personas, de esa forma se obtendrá un valor más preciso de la cantidad de trazas observadas.

Para identificar partículas muy raras, esta cámara puede ser llevada en el interior de un avión, en donde se logrará observar una mayor cantidad de trazas producto de los rayos cósmicos.

Con respecto a la identificación de partículas ionizantes mediante la utilización de fuentes radiactivas, se recomienda el uso de trajes de protección radiológica, mismos que ayudarán a reducir de manera significativa la contaminación que producen estas partículas.

BIBLIOGRAFÍA

ALCUSA, E. Visualización de trazas y medida de la concentración de Radón atmosférico [en línea], (2010). [Consulta: 4 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://ific.uv.es/~martinee/CN.pdf?fbclid=IwAR2FQC3RBnTDhMgschRsM2HIHxPb8d40hyMDKbufexCYzpxoBCMUvgfdC4M>.

BARRADAS, F. La cámara de niebla: Partículas de verdad [en línea], (2010). [Consulta: 3 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.i-cpan.es/concurso/ganadores/55CamaraNiebla.pdf>.

BELTRÁN, J. Instituto de física corpuscular [en línea], (2011). [Consulta: 1 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://ific.uv.es/~martinee/LabFNyP-UV/CamaraNieblaDifusion-2011-20-11.pdf>.

CHERRY, R. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [en línea], (2010). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes>.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR. Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR) módulo básico [en línea], (2013). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/133100241_2411200913036.pdf.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR. Dosis de Radiación [en línea], (2010). [Consulta: 14 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Dosis%20de%20radiaci%C3%B3n#:~:text=Radiaci%C3%B3n%20c%C3%B3smica&text=La%20dosis%20media%20es%20,exposici%C3%B3n%20a%20los%20rayos%20c%C3%B3smicos..>

DURAND, J. Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante [en línea], (2000). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/032/31032960.pdf.

GARCÍA, L. Universidad de Granada [en línea], (2014). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en:

https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/33356/GarciaMartin_CamaraNiebla.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GONZÁLEZ, J. Universidad de Valladolid Facultad de Ciencias [en línea], (2014). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: <http://zaguan.unizar.es/TAZ/EUCS/2014/14180/TAZ-TFG-2014-408.pdf>.

HEREDIA, E. Universidad Politécnica de Madrid [en línea], (2019). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: http://oa.upm.es/54133/1/TFG_EVA_HERRANZ_HEREDIA.pdf.

HERRERA, J. Cámara de niebla de gradiente de temperatura [en línea], (1993). [Consulta: 3 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://rmf.smf.mx/pdf/rmf/39/4/39_4_610.pdf.

LAGANÁ, C. Instituto de Física de la Universidad de Sao Paulo [en línea], (2013). [Consulta: 1 de Febrero de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000300002&lang=es.

MANZANEDA, A., CALLE, C. y MONASTERIOS, M. "Construcción de una cámara de niebla de difusión para la identificación de diferentes partículas cósmicas". *Revista Boliviana de Física*, Vol. 32, (2018), (Bolivia) pp. 25-28.

MEJÍA, A. Universidad de los Andes [en línea], (2002). [Consulta: 1 de Febrero de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15470/u234338.pdf?sequence=1>.

NULEDO. Acerca de la cámara de niebla. *Cosmo Caisa y CERN* [en línea], (2020). [Consulta: 4 de Febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.nuledo.com/es/acerca-de-camara-de-niebla/#pozitrony>.

NÚÑEZ, M. Efectos biológicos de las radiaciones [en línea], (2008). [Consulta: 2 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Efectos_biologicos_de_las_radiaciones.pdf.

OMS. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. *Organización Mundial de la Salud* [en línea], (2020). [Consulta: 4 de Febrero de 2021]. Disponible en:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>.

SENPLADES. Secretaría Técnica Planifica Ecuador. *Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida* [en línea], (2017). [Consulta: 13 de Marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida/#>.

VEGA, C. Cámara de Niebla para Visualizar Partículas Cargadas Ionizantes [en línea], (2014). [Consulta: 3 de Febrero de 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/27505182/C%C3%A1mara_de_Niebla_para_Visualizar_Part%C3%ADculas_Cargadas_Ionizantes.

ANEXOS

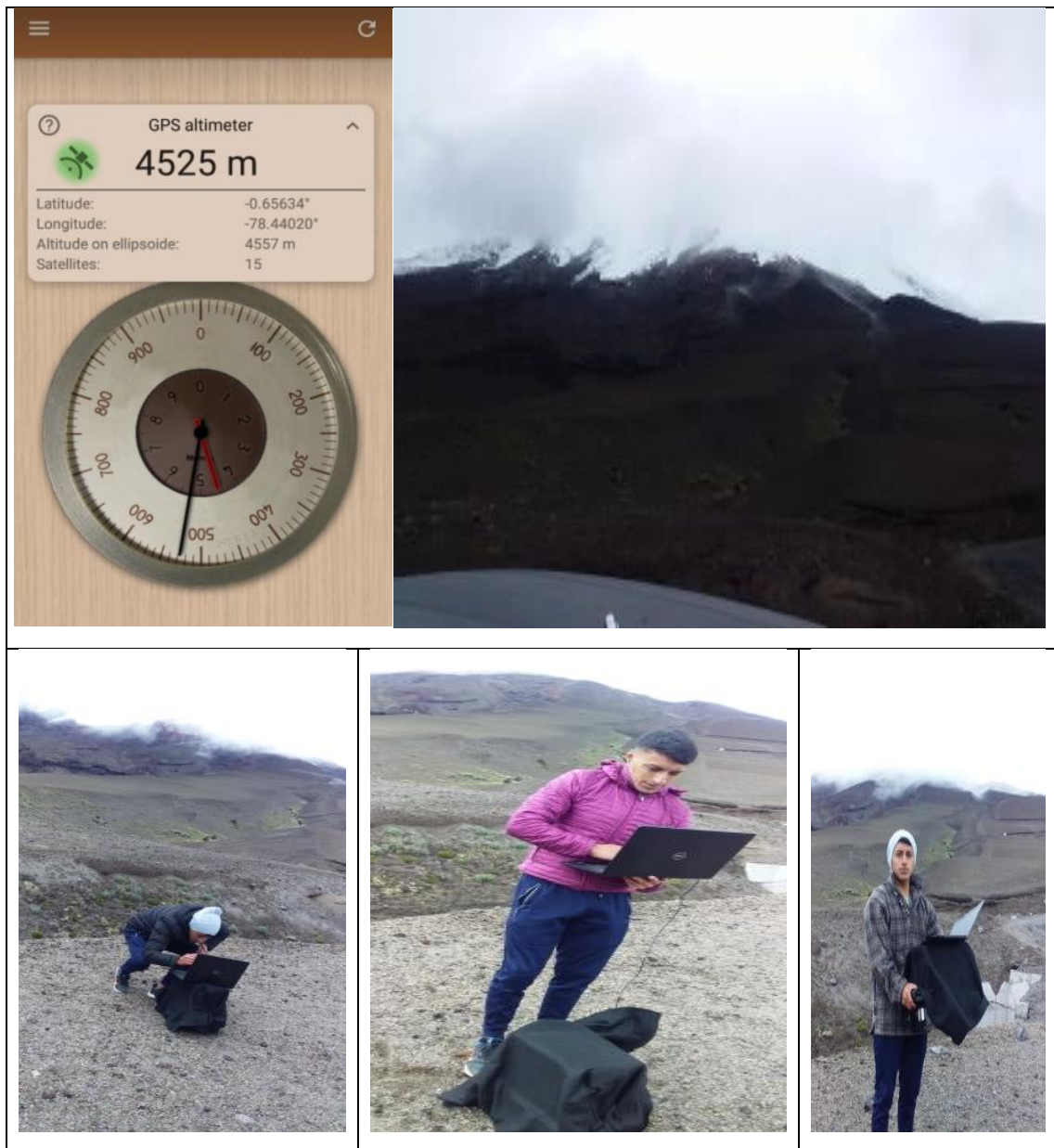
ANEXO A: CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA DE NIEBLA



ANEXO B: COMPROBACIÓN DE LA CÁMARA DE NIEBLA CON (Na-22, Sr-90, U-238)



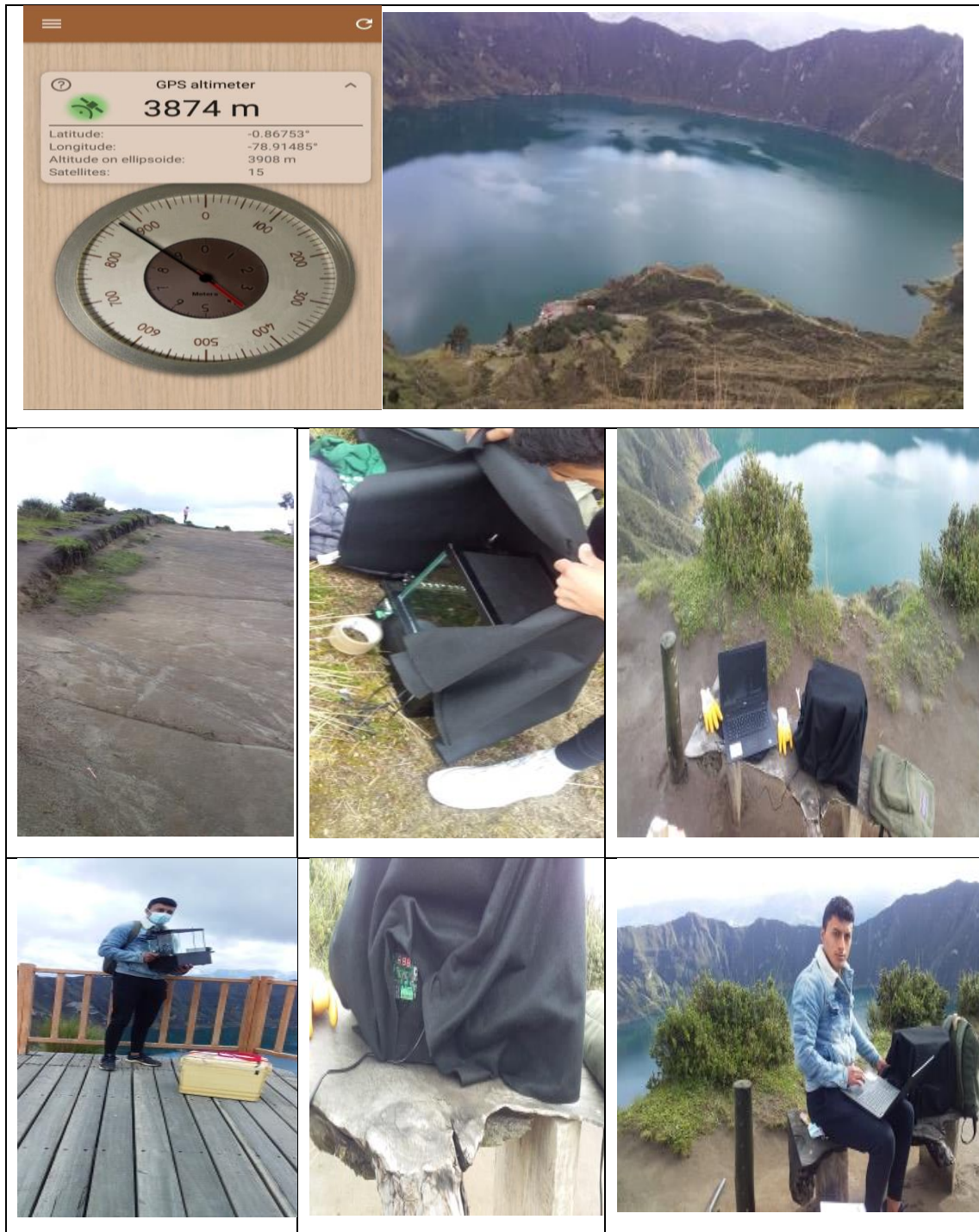
ANEXO C: DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN EL COTOPAXI



ANEXO D: DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN LOS ILLINIZAS



ANEXO E: DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN EL QUILOTOA



ANEXO F: CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN EL COTOPAXI MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS

DÍA 2				
FECHA: 30/12/2020	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	7	2	1	0
PARTÍCULAS ALFA	11	10	3	5
ELECTRÓN BETA	27	18	22	9
PRODUCCIÓN DE PARES	9	9	4	3
ELECTRÓN CÓSMICO	25	42	34	28
MUÓN	4	0	1	0
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	31	13	16	12

DÍA 4				
FECHA: 01/01/2021	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	0	3	3	1
PARTÍCULAS ALFA	0	15	14	4
ELECTRÓN BETA	0	15	23	8
PRODUCCIÓN DE PARES	0	9	11	4
ELECTRÓN CÓSMICO	2	53	58	19
MUÓN	0	11	6	1
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	4	30	14	6

DÍA 8				
FECHA: 06/01/2021	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	0	1	0	0
PARTÍCULAS ALFA	6	8	0	4
ELECTRÓN BETA	34	45	0	21
PRODUCCIÓN DE PARES	6	3	0	1
ELECTRÓN CÓSMICO	55	60	1	29
MUÓN	4	3	0	1
KAÓN	0	1	0	0
FOTOLETRONES	20	24	1	13

DÍA 10				
FECHA: 08/01/2021	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	2	0	2
PARTÍCULAS ALFA	1	6	2	3
ELECTRÓN BETA	45	25	8	19
PRODUCCIÓN DE PARES	3	1	3	1
ELECTRÓN CÓSMICO	58	23	31	36
MUÓN	2	0	1	1
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	25	15	11	18

DÍA 14				
FECHA: 13/01/2021	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	2	0	0
PARTÍCULAS ALFA	3	6	0	1
ELECTRÓN BETA	30	29	31	27
PRODUCCIÓN DE PARES	3	17	2	2
ELECTRÓN CÓSMICO	47	22	48	40
MUÓN	2	8	1	4
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	25	27	18	30

DÍA 16				
FECHA: 15/01/2021	ALTITUD: 4525 msnm			
LUGAR: COTOPAXI	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,65634°		LONGITUD: -78,44020°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	2	2	0
PARTÍCULAS ALFA	7	5	11	3
ELECTRÓN BETA	9	18	30	30
PRODUCCIÓN DE PARES	1	2	2	2
ELECTRÓN CÓSMICO	26	35	44	36
MUÓN	0	2	1	1
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	12	14	15	12

ANEXO G: CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN LOS ILLINIZAS MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS

DÍA 1					DÍA 6				
FECHA: 29/12/2020	ALTITUD: 4110 msnm				FECHA: 03/01/2021	ALTITUD: 4110 msnm			
LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS				LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°			LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min	PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	0	2	0	3	PROTÓN	1	0	1	0
PARTÍCULAS ALFA	5	8	0	20	PARTÍCULAS ALFA	10	6	2	1
ELECTRÓN BETA	8	10	1	27	ELECTRÓN BETA	12	7	4	8
PRODUCCIÓN DE PARES	9	4	1	18	PRODUCCIÓN DE PARES	13	3	3	3
ELECTRÓN CÓSMICO	4	12	0	30	ELECTRÓN CÓSMICO	17	19	12	15
MUÓN	0	0	0	1	MUÓN	1	0	0	0
KAÓN	0	0	0	0	KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	7	6	0	16	FOTOLETRONES	12	15	3	8

DÍA 7					DÍA 12				
FECHA: 05/01/2021	ALTITUD: 4110 msnm				FECHA: 10/01/2021	ALTITUD: 4110 msnm			
LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS				LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°			LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min	PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	1	3	0	PROTÓN	0	1	1	0
PARTÍCULAS ALFA	4	4	4	2	PARTÍCULAS ALFA	1	8	3	3
ELECTRÓN BETA	14	12	6	17	ELECTRÓN BETA	28	49	21	25
PRODUCCIÓN DE PARES	2	3	1	3	PRODUCCIÓN DE PARES	1	7	2	1
ELECTRÓN CÓSMICO	8	12	7	18	ELECTRÓN CÓSMICO	28	79	39	24
MUÓN	1	1	0	1	MUÓN	1	5	4	1
KAÓN	0	0	0	0	KAÓN	0	1	0	0
FOTOLETRONES	26	20	15	26	FOTOLETRONES	10	33	22	24

DÍA 13

FECHA: 12/01/2021	ALTITUD: 4110 msnm			
LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	2	0	1
PARTÍCULAS ALFA	6	7	4	7
ELECTRÓN BETA	26	22	26	18
PRODUCCIÓN DE PARES	2	1	1	2
ELECTRÓN CÓSMICO	47	22	32	19
MUÓN	4	1	1	0
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	21	18	21	18

DÍA 18

FECHA: 17/01/2021	ALTITUD: 4110 msnm			
LUGAR: ILLINIZAS	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,67568°		LONGITUD: -78,69914°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	2	2	4
PARTÍCULAS ALFA	2	4	6	10
ELECTRÓN BETA	1	3	12	20
PRODUCCIÓN DE PARES	0	0	1	2
ELECTRÓN CÓSMICO	2	3	11	30
MUÓN	0	0	1	1
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	1	1	8	3

ANEXO H: CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES DURANTE 6 DÍAS EN EL QUILOTOA MEDIANTE LAS FICHAS TÉCNICAS

DÍA 3					DÍA 5				
FECHA: 31/12/2020	ALTITUD: 3874 msnm				FECHA: 02/01/2021	ALTITUD: 3874 msnm			
LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS				LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°			LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min	PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	0	0	1	0	PROTÓN	0	0	0	0
PARTÍCULAS ALFA	0	4	5	2	PARTÍCULAS ALFA	0	1	3	0
ELECTRÓN BETA	0	11	9	9	ELECTRÓN BETA	2	8	11	2
PRODUCCIÓN DE PARES	0	2	1	1	PRODUCCIÓN DE PARES	1	0	0	0
ELECTRÓN CÓSMICO	1	18	5	5	ELECTRÓN CÓSMICO	2	5	10	2
MUÓN	0	1	0	1	MUÓN	0	0	1	0
KAÓN	0	0	0	0	KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	2	7	3	6	FOTOLETRONES	1	3	4	1

DÍA 9					DÍA 11				
FECHA: 07/01/2021	ALTITUD: 3874 msnm				FECHA: 09/01/2021	ALTITUD: 3874 msnm			
LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS				LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°			LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min	PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	0	0	1	0	PROTÓN	0	0	0	0
PARTÍCULAS ALFA	1	4	1	1	PARTÍCULAS ALFA	1	1	1	1
ELECTRÓN BETA	6	33	15	16	ELECTRÓN BETA	3	7	10	5
PRODUCCIÓN DE PARES	1	2	0	1	PRODUCCIÓN DE PARES	0	0	0	0
ELECTRÓN CÓSMICO	7	32	16	23	ELECTRÓN CÓSMICO	6	3	6	2
MUÓN	0	2	1	0	MUÓN	0	0	0	0
KAÓN	0	0	0	0	KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	1	20	6	4	FOTOLETRONES	3	2	5	3

DÍA 15

FECHA: 14/01/2021	ALTITUD: 3874 msnm			
LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	1	1	0	1
PARTÍCULAS ALFA	3	3	1	1
ELECTRÓN BETA	7	6	2	8
PRODUCCIÓN DE PARES	0	0	0	0
ELECTRÓN CÓSMICO	5	3	3	7
MUÓN	0	0	0	0
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	3	3	2	3

DÍA 17

FECHA: 16/01/2021	ALTITUD: 3874 msnm			
LUGAR: QUILOTOA	COORDENADAS			
	LATITUD: -0,86753°		LONGITUD: -78,91485°	
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	(15 - 30) min	(30 - 45) min	(45 - 60) min
PROTÓN	2	2	1	1
PARTÍCULAS ALFA	6	7	1	8
ELECTRÓN BETA	13	4	3	13
PRODUCCIÓN DE PARES	1	0	0	1
ELECTRÓN CÓSMICO	19	9	11	8
MUÓN	1	0	0	1
KAÓN	0	0	0	0
FOTOLETRONES	12	1	3	2

ANEXO I: CONTEO DE PARTÍCULAS IONIZANTES POR CADA FUENTE RADIATIVA CON UN SOLO INTERVALO DE 15 MINUTOS.

Na-22			Sr-90		
DÍA 1			DÍA 2		
FECHA: 16/12/2020	ALTITUD: 2754 msnm		FECHA: 21/12/2020	ALTITUD: 2754 msnm	
LUGAR: ESPOCH (Na-22)	COORDENADAS		LUGAR: ESPOCH (Sr-90)	COORDENADAS	
	LATITUD: -1,65621°	LONGITUD: -78, 67779°		LATITUD: -1,65621°	LONGITUD: -78, 67779°
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min		PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	
PROTÓN	0		PROTÓN	3	
PARTÍCULAS ALFA	19		PARTÍCULAS ALFA	30	
ELECTRÓN BETA	62		ELECTRÓN BETA	4	
PRODUCCIÓN DE PARES	8		PRODUCCIÓN DE PARES	2	
ELECTRÓN CÓSMICO	42		ELECTRÓN CÓSMICO	3	
MUÓN	1		MUÓN	1	
KAÓN	0		KAÓN	0	
FOTOLETRONES	49		FOTOLETRONES	2	

U-238		
DÍA 3		
FECHA: 18/12/2020	ALTITUD: 2754 msnm	
LUGAR: ESPOCH (U-238)	COORDENADAS	
	LATITUD: -1,65621°	LONGITUD: -78, 67779°
PARTÍCULAS/TIEMPO	(0 - 15) min	
PROTÓN	1	
PARTÍCULAS ALFA	14	
ELECTRÓN BETA	27	
PRODUCCIÓN DE PARES	3	
ELECTRÓN CÓSMICO	12	
MUÓN	0	
KAÓN	0	
FOTOLETRONES	13	

ANEXO J: TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DE LOS ILLINIZAS DURANTE LOS 6 DÍAS

DÍA 1				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	29/12/2020			
Temperatura Ambiente	0°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-45	-47	-43	-48
2 min	-45	-47	-42	-48
3 min	-45	-47	-41	-48
4 min	-44	-46	-41	-48
5 min	-44	-46	-41	-48
6 min	-44	-46	-41	-48
7 min	-44	-46	-41	-48
8 min	-44	-46	-41	-48
9 min	-44	-46	-41	-48
10 min	-44	-46	-41	-47
11 min	-44	-46	-41	-47
12 min	-43	-46	-41	-47
13 min	-43	-45	-41	-47
14 min	-43	-45	-41	-47
15 min	-43	-45	-41	-47
DÍA 6				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	3/1/2021			
Temperatura Ambiente	2°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-47	-49	-47	-46
2 min	-47	-49	-47	-45
3 min	-47	-49	-46	-45
4 min	-47	-49	-46	-44
5 min	-47	-48	-46	-44
6 min	-47	-48	-47	-45
7 min	-47	-48	-47	-45
8 min	-47	-48	-47	-45
9 min	-46	-48	-47	-45
10 min	-46	-48	-47	-47
11 min	-46	-48	-47	-47
12 min	-45	-48	-47	-47
13 min	-45	-48	-46	-47
14 min	-45	-48	-46	-47
15 min	-45	-48	-46	-47
DÍA 7				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	5/1/2021			
Temperatura Ambiente	(-)1°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-47	-47	-47	-47
2 min	-47	-47	-47	-47
3 min	-47	-46	-47	-47
4 min	-48	-46	-47	-47
5 min	-48	-46	-47	-47
6 min	-48	-47	-47	-47
7 min	-47	-47	-47	-47
8 min	-47	-47	-47	-47
9 min	-47	-47	-47	-47
10 min	-46	-47	-46	-47
11 min	-46	-47	-46	-47
12 min	-46	-47	-46	-47
13 min	-46	-47	-46	-47
14 min	-46	-47	-46	-46
15 min	-46	-47	-46	-46

DÍA 12				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	10/1/2021			
Temperatura Ambiente	4°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-45	-50	-48	-49
2 min	-45	-50	-48	-49
3 min	-44	-50	-48	-49
4 min	-44	-50	-47	-49
5 min	-44	-49	-47	-48
6 min	-44	-49	-47	-48
7 min	-44	-49	-47	-47
8 min	-44	-49	-47	-47
9 min	-44	-49	-47	-47
10 min	-44	-48	-47	-47
11 min	-43	-48	-46	-47
12 min	-43	-48	-46	-47
13 min	-43	-47	-46	-46
14 min	-43	-47	-46	-46
15 min	-43	-47	-46	-46

DÍA 13				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	10/1/2021			
Temperatura Ambiente	0°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-46	-46	-47	-45
2 min	-46	-46	-47	-45
3 min	-46	-46	-46	-45
4 min	-45	-46	-46	-45
5 min	-45	-46	-46	-44
6 min	-45	-46	-46	-44
7 min	-45	-46	-46	-44
8 min	-45	-45	-46	-44
9 min	-45	-45	-46	-43
10 min	-45	-45	-45	-43
11 min	-44	-45	-45	-43
12 min	-44	-45	-45	-43
13 min	-44	-45	-45	-43
14 min	-44	-45	-45	-43
15 min	-44	-45	-45	-43

DÍA 18				
Lugar	ILLINIZAS			
Fecha	17/1/2021			
Temperatura Ambiente	(-1) °C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-45	-44	-46	-47
2 min	-45	-44	-46	-47
3 min	-44	-44	-46	-47
4 min	-44	-43	-46	-47
5 min	-44	-43	-46	-46
6 min	-44	-43	-46	-46
7 min	-43	-42	-46	-46
8 min	-43	-42	-46	-46
9 min	-43	-41	-46	-46
10 min	-42	-41	-45	-46
11 min	-42	-41	-45	-45
12 min	-42	-40	-45	-45
13 min	-41	-40	-45	-45
14 min	-40	-39	-45	-45
15 min	-40	-39	-45	-45

ANEXO K: TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DEL COTOPAXI DURANTE LOS 6 DÍAS

DÍA 2				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	30/12/2020			
Temperatura Ambiente	(-)3°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-45	-49	-45	-46
2 min	-45	-49	-45	-46
3 min	-44	-49	-45	-46
4 min	-44	-49	-45	-45
5 min	-44	-48	-46	-45
6 min	-44	-48	-46	-45
7 min	-44	-48	-46	-45
8 min	-44	-48	-46	-45
9 min	-44	-48	-46	-45
10 min	-44	-48	-45	-45
11 min	-44	-48	-45	-45
12 min	-44	-47	-45	-44
13 min	-44	-47	-45	-44
14 min	-43	-46	-45	-44
15 min	-43	-46	-45	-44

DÍA 4				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	1/1/2021			
Temperatura Ambiente	(-)5°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-40	-46	-47	-46
2 min	-40	-46	-47	-46
3 min	-40	-46	-47	-46
4 min	-40	-46	-47	-46
5 min	-40	-46	-47	-46
6 min	-40	-46	-47	-46
7 min	-40	-46	-46	-46
8 min	-39	-46	-46	-46
9 min	-39	-46	-46	-46
10 min	-39	-46	-46	-45
11 min	-38	-46	-46	-45
12 min	-38	-46	-46	-45
13 min	-38	-45	-45	-44
14 min	-38	-45	-45	-44
15 min	-38	-45	-45	-44

DÍA 8				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	6/1/2021			
Temperatura Ambiente	0°C			
Intervalo	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
Tiempo	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-46	-47	-41	-45
2 min	-46	-47	-41	-46
3 min	-46	-47	-41	-46
4 min	-46	-47	-40	-46
5 min	-45	-47	-40	-46
6 min	-45	-47	-40	-46
7 min	-45	-46	-40	-46
8 min	-45	-46	-39	-45
9 min	-45	-46	-39	-45
10 min	-45	-46	-38	-45
11 min	-45	-46	-38	-45
12 min	-45	-46	-38	-45
13 min	-46	-45	-38	-45
14 min	-46	-45	-38	-44
15 min	-46	-45	-38	-44

DÍA 10				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	8/1/2021			
Temperatura Ambiente	(-)3°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-50	-46	-49	-49
2 min	-50	-46	-49	-49
3 min	-50	-46	-49	-48
4 min	-50	-46	-49	-48
5 min	-50	-46	-49	-48
6 min	-50	-46	-49	-47
7 min	-50	-46	-48	-47
8 min	-50	-46	-48	-47
9 min	-50	-46	-48	-47
10 min	-50	-45	-48	-47
11 min	-50	-45	-48	-47
12 min	-50	-45	-48	-47
13 min	-49	-44	-48	-46
14 min	-49	-44	-48	-44
15 min	-49	-44	-48	-44

DÍA 14				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	13/1/2021			
Temperatura Ambiente	1°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-48	-50	-47	-46
2 min	-48	-50	-47	-46
3 min	-48	-50	-47	-46
4 min	-48	-50	-47	-45
5 min	-48	-50	-46	-45
6 min	-48	-50	-46	-45
7 min	-48	-50	-46	-45
8 min	-48	-50	-45	-45
9 min	-48	-49	-45	-45
10 min	-48	-49	-45	-45
11 min	-48	-49	-45	-45
12 min	-48	-49	-45	-45
13 min	-47	-49	-45	-45
14 min	-47	-48	-45	-44
15 min	-46	-48	-45	-44

DÍA 16				
Lugar	COTOPAXI			
Fecha	13/1/2021			
Temperatura Ambiente	(-)2°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-44	-46	-47	-48
2 min	-44	-46	-47	-47
3 min	-43	-46	-47	-47
4 min	-43	-46	-47	-47
5 min	-43	-46	-47	-47
6 min	-43	-46	-47	-47
7 min	-43	-46	-46	-47
8 min	-43	-46	-46	-47
9 min	-43	-46	-46	-47
10 min	-43	-45	-46	-47
11 min	-43	-45	-46	-47
12 min	-43	-44	-46	-46
13 min	-42	-44	-46	-46
14 min	-42	-43	-45	-46
15 min	-42	-43	-45	-45

ANEXO L: TEMPERATURAS DE LA PLACA METÁLICA DE LA CÁMARA DE NIEBLA Y TEMPERATURAS AMBIENTALES DEL QUILOTOA DURANTE LOS 6 DÍAS

<i>DÍA 3</i>				
<i>Lugar</i>	QUILOTOA			
<i>Fecha</i>	31/12/2020			
<i>Temperatura Ambiente</i>	5°C			
<i>Intervalo Tiempo</i>	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-39	-47	-45	-43
2 min	-39	-47	-45	-43
3 min	-39	-47	-44	-43
4 min	-38	-47	-44	-43
5 min	-38	-47	-44	-42
6 min	-38	-47	-44	-42
7 min	-37	-47	-44	-41
8 min	-37	-47	-44	-41
9 min	-37	-46	-44	-41
10 min	-37	-46	-44	-41
11 min	-37	-46	-44	-41
12 min	-37	-46	-44	-40
13 min	-37	-45	-44	-40
14 min	-37	-45	-43	-40
15 min	-36	-45	-43	-40
<i>DÍA 5</i>				
<i>Lugar</i>	QUILOTOA			
<i>Fecha</i>	2/1/2021			
<i>Temperatura Ambiente</i>	7°C			
<i>Intervalo Tiempo</i>	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-44	-46	-45	-41
2 min	-44	-46	-45	-41
3 min	-44	-46	-45	-41
4 min	-43	-46	-45	-41
5 min	-43	-46	-45	-40
6 min	-43	-46	-45	-40
7 min	-43	-46	-45	-40
8 min	-43	-46	-44	-40
9 min	-43	-46	-44	-41
10 min	-43	-46	-43	-41
11 min	-43	-46	-43	-41
12 min	-43	-46	-43	-41
13 min	-43	-45	-43	-41
14 min	-43	-45	-43	-41
15 min	-42	-45	-43	-40
<i>DÍA 9</i>				
<i>Lugar</i>	QUILOTOA			
<i>Fecha</i>	7/1/2021			
<i>Temperatura Ambiente</i>	4°C			
<i>Intervalo Tiempo</i>	(0-15) min	(15-30) min	(30- 45) min	(45-60) min
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Temperatura °C	Temperatura °C
1 min	-38	-49	-46	-47
2 min	-38	-49	-46	-47
3 min	-38	-48	-46	-46
4 min	-38	-48	-46	-46
5 min	-37	-48	-46	-47
6 min	-37	-48	-46	-47
7 min	-37	-48	-46	-47
8 min	-36	-48	-46	-47
9 min	-36	-48	-46	-47
10 min	-36	-48	-46	-46
11 min	-36	-48	-46	-46
12 min	-36	-48	-45	-46
13 min	-36	-48	-44	-45
14 min	-35	-47	-44	-45
15 min	-35	-46	-43	-45

DÍA 11				
Lugar	QUILOTOA			
Fecha	9/1/2021			
Temperatura Ambiente	3°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-40	-35	-37	-40
2 min	-40	-35	-37	-40
3 min	-40	-35	-38	-40
4 min	-39	-35	-38	-39
5 min	-39	-35	-38	-39
6 min	-39	-35	-38	-39
7 min	-40	-35	-37	-39
8 min	-40	-35	-36	-39
9 min	-39	-35	-36	-39
10 min	-38	-35	-36	-39
11 min	-37	-34	-36	-39
12 min	-37	-33	-36	-39
13 min	-37	-33	-35	-39
14 min	-37	-33	-35	-39
15 min	-37	-33	-35	-39

DÍA 15				
Lugar	QUILOTOA			
Fecha	14/1/2021			
Temperatura Ambiente	5°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-39	-39	-35	-36
2 min	-39	-39	-35	-36
3 min	-39	-38	-35	-35
4 min	-39	-38	-34	-35
5 min	-39	-39	-34	-35
6 min	-39	-39	-34	-35
7 min	-39	-39	-34	-35
8 min	-39	-39	-34	-35
9 min	-39	-40	-34	-35
10 min	-39	-40	-33	-35
11 min	-39	-40	-33	-35
12 min	-39	-40	-33	-34
13 min	-39	-39	-32	-34
14 min	-38	-39	-32	-34
15 min	-38	-39	-32	-34

DÍA 17				
Lugar	QUILOTOA			
Fecha	16/1/2021			
Temperatura Ambiente	7°C			
Intervalo Tiempo	(0-15) min Temperatura (°C)	(15-30) min Temperatura (°C)	(30- 45) min Temperatura °C	(45-60) min Temperatura °C
1 min	-41	-43	-45	-39
2 min	-41	-43	-45	-39
3 min	-41	-43	-44	-40
4 min	-41	-43	-44	-40
5 min	-41	-43	-44	-40
6 min	-41	-43	-44	-40
7 min	-40	-43	-44	-40
8 min	-40	-43	-44	-40
9 min	-39	-43	-44	-40
10 min	-39	-43	-44	-40
11 min	-39	-43	-44	-41
12 min	-39	-43	-44	-41
13 min	-39	-43	-43	-41
14 min	-39	-42	-43	-40
15 min	-39	-42	-43	-39

ANEXO M: GUÍA DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES CON LA CÁMARA DE NIEBLA.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA**

CARRERA DE FÍSICA

GUÍA DE LABORATORIO DE FÍSICA

**PRÁCTICA No. 01- DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES EN LA
CÁMARA DE NIEBLA**

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: estudiante(s)

CODIGO(S): de estudiante(s)

.....

.....

.....

.....

GRUPO No.:

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

aa/mm/dd

aa/mm/dd

2. OBJETIVO(S):

1. GENERAL

Detectar partículas ionizantes mediante una cámara de niebla.

2. ESPECÍFICOS

1. Identificar el tipo de partículas ionizantes trazadas por la cámara de niebla de 3 fuentes radiactivas (Na-22, Sr-90 y U-238).
2. Determinar la cantidad de partículas presentes por cada fuente radiactiva.

3. Comparar las características de las trazas obtenidas en la cámara de niebla con las presentadas en esta guía.

3. METODOLOGÍA

Para determinar el tipo y la cantidad de partículas ionizantes dentro de la cámara de niebla aplicaremos el método de observación directa. Las trazas serán identificadas mediante las diferentes grabaciones realizadas por la cámara web instalada en el equipo, y los datos serán ordenados en una tabla para así facilitar el análisis de las diferentes interacciones con la materia, obtenidas por las fuentes radiactivas que se vayan a aplicar.

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

1. Cámara de niebla
2. Hielo seco (2 kilogramos).
3. Alcohol isopropílico
4. Tela fieltro
5. Computadora
6. Cámara web
7. Equipos de protección radiológica (guantes, lentes, mandil, etc.)
8. Fuentes radiactivas (Na-22, Sr-90 y U-238)

5. MARCO TEORICO:

Esta cámara ayuda a detectar partículas ionizantes presentes en el ambiente, y se basa en obtener un entorno totalmente cerrado y saturado, dentro de esta se almacena vapor de agua generado por una máquina o por el hielo seco, en donde al interaccionar con una partícula la cámara lo tiende a ionizar de una manera rápida, los iones generados se los considera como núcleos de condensación. Con el ingreso de las partícula cargadas de altas energías se van generando una especie de trazas o estelas, este fenómeno se fundamenta en la producción de iones sucesivos que se van dando con respecto a su trayectoria (García, 2014, p.5).


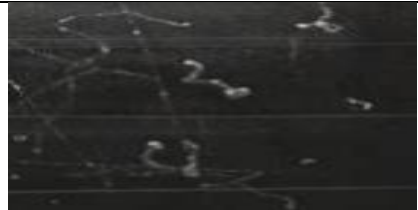

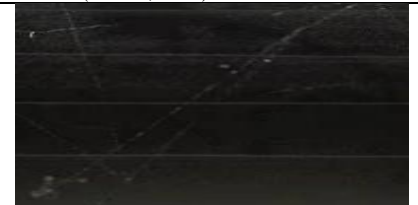
El principio que se genera aquí es el gradiente de temperatura, el cual puede ser conseguido por hielo seco o un aparato que enfríe la parte inferior manteniendo así la sobresaturación del aire y que mediante la acción del alcohol exista un ambiente lleno de neblina en el que solo bastaría de una perturbación para que se genere rápidamente las gotas del alcohol (Barradas, 2010, p.1)



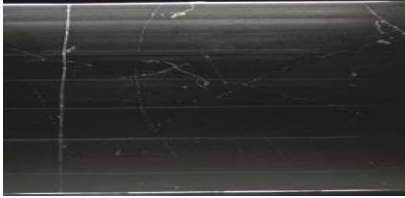

Proceso de ionización en la cámara de niebla

Por otra parte, en las cámaras de niebla se dice que existen dos tipos de ionización, el primero es el que se forma por la colisión entre las partículas y los electrones, y la segunda ionización se da por las colisiones sucesivas de los electrones de golpe. Si se deseara conocer la energía perdida de las partículas altamente cargadas planteadas por Fermi, es necesario aplicar un proceso estadístico y cuántico, el cual se dedique a contar el número de colisiones dadas en el material (Mejía, 2002, p.17).

Interpretación de posibles partículas presentes en la cámara de niebla

Tabla 1: Características específicas de las partículas ionizantes según la traza.

PARTÍCULA IONIZANTE	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	TRAZA
Fotoelectrones	Trayectoria con curvas. Traza corta y fina. Múltiples cambios de dirección por las colisiones.	 Figura 2-1. Representación de un fotoelectrón. Fuente: (Alcusa, 2010)
Producción de pares	Dejan trazas en forma de V. Trazas finas y curvadas.	 Figura 3-1. Representación de la producción de pares. Fuente: (Alcusa, 2010)
Electrones beta	Trazas finas y erráticas. Se curva menos que los fotoelectrones. Se curva por la dispersión.	 Figura 4. Representación del electrón β . Fuente: (Alcusa, 2010)
Electrones	Trazas finas, rectas y semilargas. Casi sin desviaciones.	 Figura 5-1. Trazas dibujadas por el electrón. Fuente: (Alcusa, 2010)

Partículas alfa	Trazas gruesa, muy brillantes y cortas. Trayectorias rectas.	 Figura 6. Representación de una partícula alfa. Fuente: (Alcusa, 2010)
Protones	Trazas semigruesas, luminosas (más intenso) y largas. Trayectoria recta y algunas veces se desvía.	 Figura 7. Trayectoria de un protón. Fuente: (Alcusa, 2010)
Muones	Trazas muy grandes, semigruesas, largas y cruzan toda la cámara. Trayectoria recta. Dispersión del muón en L.	 Figura 8. Trazas de un muón Fuente: (Alcusa, 2010)
Kaón	Trazas finas, dispersas y semicortas. Trayectoria en forma de Y.	 Figura 9. Trazas ionizantes de la partícula kaón. Fuente: (Nuledo, 2020).

Realizado por: Mera. Luis, 2021

La **Tabla 1** será utilizada para la identificación de las características de las partículas ionizantes, así como también su conteo para su posterior análisis.

6. PROCEDIMIENTO:

1. Para la realización de la toma de datos se debe desajustar los 2 tornillos de la estructura metálica que se encuentran en la parte superior.
2. Luego se limpia la pecera para evitar errores de visualización y seguido a ello se debe rociar alcohol isopropílico en la tela fieltro aproximadamente 5 ml, pero no al extremo ya que esta puede gotear y dañar la visualización.
3. A continuación, es importante triturar 2 kg de hielo seco en pequeños bloques para luego colocarlos en la caja de madera.
4. Después se tapa con la placa metálica la madera, en ese momento se ubica la pecera boca abajo y haciendo presión se sitúa la estructura metálica ajustándolo de manera cuidadosa con los tornillos.

5. Conjuntamente se conecta la luz led y también el sensor de temperatura a las baterías de 9 V, este sensor va a ayudar a controlar la temperatura de la placa metálica, teniendo como base los -40°C para que se pueda generar una buena neblina.
6. Ubicar las fuentes radiactivas al costado de la cámara de niebla.
7. Conectar la cámara web a la computadora por medio de la entrada USB, y comenzar a visualizar en la PC las diferentes traza que se originan dentro del volumen sensible.
8. Por último, hacer un conteo e identificación de las trazas presentes en la cámara de niebla con cada fuente radiactiva en intervalos de 15 minutos, y registrar dichos datos en las tablas presentadas a continuación.

Tabla 2-1: Partículas ionizantes detectadas con el Na-22.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	
		Partículas alfa	0:00-15:00	
		Electrones beta	0:00-15:00	
		Producción de pares	0:00-15:00	
		Electrones	0:00-15:00	
		Muón	0:00-15:00	
		kaón	0:00-15:00	
		Fotoelectrones	0:00-15:00	

Realizado por: Mera, Luis, 2021

Tabla 3: Partículas ionizantes detectadas con el Sr-90.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	
		Partículas alfa	0:00-15:00	
		Electrones beta	0:00-15:00	
		Producción de pares	0:00-15:00	
		Electrones	0:00-15:00	
		Muón	0:00-15:00	
		kaón	0:00-15:00	
		Fotoelectrones	0:00-15:00	

Realizado por: Mera, Luis, 2021

Tabla 4-1: Partículas ionizantes detectadas con el U-238.

Lugar	Altitud msnm	Partículas detectadas	Intervalos de tiempo	Cuentas
ESPOCH	2754	Protones	0:00-15:00	
		Partículas alfa	0:00-15:00	
		Electrones beta	0:00-15:00	
		Producción de pares	0:00-15:00	
		Electrones	0:00-15:00	
		Muón	0:00-15:00	
		kaón	0:00-15:00	
		Fotoelectrones	0:00-15:00	

Realizado por: Mera, Luis, 2021

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Describir en forma lógica las conclusiones a que conlleven la práctica y las recomendaciones que sean pertinentes.

8. BIBLIOGRAFÍA:

Alcusa, Erica. 2010. Visualización de trazas y medida de la concentración de Radón atmosférico. [En línea] 30 de Diciembre de 2010. [Citado el: 4 de Febrero de 2021.]

<http://ific.uv.es/~martinee/CN.pdf?fbclid=IwAR2FQC3RBnTDhMgschRsM2HIHxPb8d40hyMDKbufexCYzpxoBCMUvgfdC4M>.

Barradas, Francisco. 2010. La cámara de niebla: Partículas de verdad. [En línea] 2010. [Citado el: 3 de Febrero de 2021.] <https://www.i-cpan.es/concurso/ganadores/55CamaraNiebla.pdf>.

García, Luis. 2014. Universidad de Granada. [En línea] Junio de 2014.

https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/33356/GarciaMartin_CamaraNiebla.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Mejía, Andrés. 2002. Universidad de los Andes. [En línea] 2002. [Citado el: 1 de Febrero de 2021.]

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15470/u234338.pdf?sequence=1>.

Nuledo. 2020. Acerca de la cámara de niebla. *Cosmo Caisa* y *CERN*. [En línea] 2020. [Citado el: 4 de Febrero de 2020.] <https://www.nuledo.com/es/acerca-de-camara-de-niebla/#pozitrony>.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 02 / 09 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Luis Brayan Mera Landeta</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Física</i>
Título a optar: <i>Físico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



1701-DBRA-UTP-2021