

**LA DESCARGA ELÉCTRICA Y SU CARÁCTER ELECTROMAGNÉTICO.
Una propuesta de aula para identificar el pulso y las interferencias
electromagnéticas a través de actividades experimentales**

Michael Santiago Jiménez Caballero

Trabajo de grado para optar por el título de:
Licenciado en física

Línea de investigación:
La actividad experimental para la enseñanza de la física

Directora:
Marina Garzón Barrios

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física
Bogotá D.C. Colombia
2022

Introducción	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	5
1.1 La descarga electroestática y su carácter electromagnético.....	5
1.2 Las descargas oscilantes, desarrolladas por Heinrich Hertz (1857-1894)	6
1.3 La relación entre el campo electromagnético y la onda	8
1.4 El pulso electromagnético y su carácter ondulatorio	11
1.5 Interferencia electromagnética.....	14
1.6 ¿Qué relación existe entre una descarga electroestática, un pulso electromagnético y la interferencia?	15
2. CAPÍTULO II. MONTAJES EXPERIMENTALES	16
2.1 Formas de caracterizar la descarga, el pulso y la interferencia.	16
2.2 Generador de pulsos electromagnético	17
2.3 Montaje experimental 1. Generador de alto voltaje y su interferencia radial.....	18
2.4 Montaje experimental 2. Generador de alto voltaje vs calculadora.....	22
2.5 Montaje experimental 3. Lámina rotada.....	24
2.6 Montaje experimental 4. Generador de alto voltaje y el campo magnético	27
2.7 Montaje experimental 5. Interferencia total.....	28
2.8 Montaje experimental 6. Blindando de la interferencia.....	32
3. CAPÍTULO III. SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	35
3.1 La descarga eléctrica y su carácter electromagnético: identificando pulso, campos e interferencias electromagnéticas a través de actividades experimentales	35
3.2 Organización del proceso de trabajo en el aula	36
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN	38
4.1 Primer nivel. Construyendo un potenciómetro en el aula:	38
4.2 Primera. Segunda y tercera sesión de la implementación.....	39
4.3 Segundo nivel. Construcción de un generador de descargas electroestáticas, circuito para generar interferencia eléctrica:	45
4.4 Cuarta, quinta y sexta sesión	45
4.5 Tercer nivel. Generador de descargas electroestáticas VS radio.....	52
4.6 Cuarto nivel. Generador de descargas electroestáticas VS Bombillos led	55
5. Conclusiones.....	60
6. Bibliografía.....	64

7. ANEXO 1. SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.....	66
7.1 La descarga eléctrica y su carácter electromagnético: identificando pulso, campos e interferencias electromagnéticas a través de actividades experimentales	66
7.2 Nivel 1. Construcción de un potenciómetro	67
7.3 Nivel 2. Construcción de un generador de alto voltaje: circuito para generar una descarga electroestática	69
7.4 Nivel 3. Generador de descargas electroestáticas VS radio	72
7.5 Nivel 4, Generador de descargas electroestáticas VS Bombillos led.	73
7.6 Nivel 5 Interceptor VS bombillos rotados	76
7.7 ANEXO 2. Texto complementario a la secuencia.....	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tomada de (Hertz, 1962).....	7
Ilustración 2. Tomado de (Hertz, 1962).....	7
Ilustración 3. Conexión en paralelo generador de pulsos electromagnéticos	17
Ilustración 4. Disposición de los bombillos led respecto al generador de pulsos electromagnéticos.	18
Ilustración 5. Líneas equipotenciales, primer montaje	20
Ilustración 6. Líneas equipotenciales tercer anillo.....	21
Ilustración 7. Líneas equipotencial sistema completo	22
Ilustración 8. Organización de los radios y ángulos de la calculadora	23
Ilustración 9. Rotación de los bombillos led	25
Ilustración 10. Líneas equipotenciales y relieve de la intensidad de la diferencia de potencial	25
Ilustración 11. Líneas equipotenciales.....	26
Ilustración 12. Distribución de brújulas.....	27
Ilustración 13. Distribución de la lámina de bombillos	28
Ilustración 14. Líneas equipotenciales sistema completo.....	30
Ilustración 15. Relieve de la intensidad de la diferencia de potencial.....	31
Ilustración 16. Líneas equipotenciales quinto montaje.....	32
Ilustración 17. Montaje proporcionado por el tercer grupo	45
Ilustración 18. Rango de acción de la interferencia.....	61
Ilustración 19. montaje experimental segundo nivelCable de poder	69
Ilustración 20. Montaje experimental segundo nivel.....	71
Ilustración 21. Interceptor interfiriendo un radio tercer nivel	73
Ilustración 22. Montaje experimental cuarto nivel	75
Ilustración 23. Carácter eléctrico y magnético quinto nivel	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de pulso electromagnético de acuerdo con su intensidad (González Gachetá, 2018).....	13
Tabla 2. Organización de los bombillos	19
Tabla 3. Intensidades de voltaje y corriente primer anillo.....	19
Tabla 4. Intensidades de voltaje y corriente segundo anillo.....	19
Tabla 5. Intensidades de voltaje y corriente tercer anillo	21
Tabla 6. Interferencia sobre calculadora.....	24
Tabla 7. Intensidades de voltaje y corriente tercer montaje	25
Tabla 8. Intensidades de voltaje y corriente tercer montaje	26
Tabla 9. Intensidades de voltaje y corriente tercer anillo	26
Tabla 10. Interferencia sobre las brújulas.....	27
Tabla 11. Ángulo de -45° y 45°	29
Tabla 12. Ángulo de 180° y 0°	29
Tabla 13. Ángulo de 90° y -90°	29
Tabla 14. Ángulo de 135° y -135°	30
Tabla 15. Intensidades de voltaje y corriente	33
Tabla 16. Intensidades de voltaje y corriente blindando con diferentes materiales	33
Tabla 17. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y a la variación de la resistencia eléctrica	41
Tabla 18. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro sobre la ausencia de cable de poder	42
Tabla 19. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y la relación entre la diferencia de potencial sobre el circuito	42
Tabla 20. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y el medio de propagación de la corriente eléctrica	43
Tabla 21. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y la relación entre resistencia e intensidad lumínica	44
Tabla 22. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción de un generador de descargas electroestáticas	46
Tabla 23. Respuestas de los estudiantes al proceso de relacionar la descarga electrostática como un fenómeno natural y artificial.....	48
Tabla 24. Respuestas de los estudiantes al producir y describir la descarga electrostática	48
Tabla 25. Respuestas de los estudiantes para modelar o describir la interferencia eléctrica producida por el generador	50
Tabla 26. Respuestas de los estudiantes al proceso de caracterizar el espacio circundante a la descarga	50

Tabla 27. Respuestas de los estudiantes al relacionar la diferencia de potencial con la interferencia.....	51
Tabla 28. Respuestas de los estudiantes respecto al modo de generar interferencia a través del medio	52
Tabla 29. Respuestas de los estudiantes al estudiar el rango de acción del pulso	53
Tabla 30. Respuestas de los estudiantes al estudio de las descargas electrostáticas como pulso	54
Tabla 31. Respuestas de los estudiantes respecto a la interferencia sobre el medio.....	56
Tabla 32. Respuestas de los estudiantes respecto a la homogeneidad del pulso electromagnético.....	57
Tabla 33. Respuestas de los estudiantes acerca de la caracterización del campo eléctrico..	58
Tabla 34. Respuestas de los estudiantes acerca del campo	58
Tabla 35. Primer nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje	67
Tabla 36. Segundo nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje	70
Tabla 37. Organización bombillos cuarto nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje.....	75

Introducción

En el presente trabajo de grado, se investiga el fenómeno de las interferencias electromagnéticas a través de las descargas electrostáticas, con ello se plantea la construcción de una secuencia de enseñanza y aprendizaje que fue implementada en la Universidad Pedagógica Nacional a los estudiantes de tercer semestre, con la que se abordó el fenómeno de las interferencias electromagnéticas.

Por ello se realizó una indagación en la que se diera razón de las dificultades o problemáticas que poseen los estudiantes universitarios con el aprendizaje del electromagnetismo, según (Agudelo & Méndez, 2019) se tiene en cuenta que algunas de las grandes dificultades a la hora de aprender electromagnetismo tienen que ver con que los objetos que se estudian: electrón, partículas en movimiento, flujo eléctrico, campo eléctrico, no son visibles y tampoco fácilmente representables, lo que conflictúa en gran medida su caracterización.

La dificultad de enseñar electromagnetismo radica sobre todo en el formalismo matemático que deben manejar los estudiantes para entender los conceptos, son estos últimos los que se escapan de las ideas que forman los estudiantes en sus cursos previos. (Agudelo & Méndez, 2019, pág. 33).

Las complejidades a la hora de enseñar el electromagnetismo son bastantes y los aspectos físico-teóricos o matemáticos son de gran relevancia, dentro de estas dificultades es importante resaltar que la ausencia de experiencias relacionadas con esta área puede resultar en la dificultad de algunos conceptos físicos y matemáticos, aunque pueden existir otros factores que dificulten el aprendizaje. Por lo tanto, se puede precisar que el aprendizaje del electromagnetismo utilizando experiencias puede permitir el desarrollo de procesos de formalización a través del estudio del fenómeno, asimismo, algunos autores señalan que una perspectiva fenomenológica puede acercar al estudiante a conceptos desde diferentes experiencias (Sandoval Osorio, Malagón Sánchez, Garzón Barrios, Ayala Manrique, & Tarazona Vargas, 2018).

Se plantea como hipótesis que las actividades experimentales permitirían a los estudiantes realizar el acercamiento a la comprensión de temas básicos del electromagnetismo, a través, del fenómeno de las interferencias electromagnéticas, y tratar conceptos como: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Así que se realizó una investigación teórica, que se abordará en el capítulo 1 y es acerca del fenómeno de las interferencias electromagnéticas, comenzando con el contexto histórico, posteriormente se realiza la indagación disciplinar con la que se abordan conceptos como descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección e interferencias.

Posterior a al estudio teórico se presenta el capítulo 2, en el que se construyen diferentes montajes experimentales con los que se permite relacionar la investigación teórica y la práctica, dando razón de los fenómenos tratados anteriormente, produciendo, caracterizando y analizando los efectos de la interferencia electromagnética, todo esto con el fin de encontrar

montajes experimentales que se adaptarán a la futura construcción por parte de los estudiantes y pudieran ser llevados al aula, y de esta forma conocer los alcances que se obtienen en la comprensión de descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, utilizando actividades experimentales.

De esta manera se logra la realización del capítulo 3, en donde se construyeron cinco niveles de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, es decir, empezando con el nivel 1 y la identificación de conceptos como diferencia de potencial, resistencia y corriente eléctrica, a medida que se avanza de nivel se plantea la construcción de montajes experimentales más complejos permitiendo que el primer nivel tenga una dificultad o complejidad baja, puesto que los conceptos tratados son complementarios al nivel posterior, es decir, a medida que se avanza de nivel, la complejidad aumenta debido al incremento de conceptos teóricos y la profundidad con que se tratan, de tal forma que se realizó un estudio donde se diseñaron diferentes montajes experimentales acerca de las interferencias electromagnéticas, con el cual, se pudo producir y caracterizar las interferencias electromagnéticas, también, se logró emitir y recibir señales e identificar la dirección del campo electromagnético y sus propiedades.

Para el capítulo 4, se analiza la implementación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje que se llevó a cabo en el aula, para esto se realizaron cuatro niveles de la secuencia, los cuales fueron desarrollados en nueve sesiones de clase, es decir, tres semanas ininterrumpidas. Con lo cual, se generó un espacio adecuado para la producción de los diferentes fenómenos que son respectivos a los niveles de enseñanza y aprendizaje, por tanto, bajo una perspectiva fenomenológica el estudiante produce los efectos físicos y en esa producción de efectos se construyen las formas de comprenderlos y eso es lo que se analiza.

De manera que se realizó el análisis correspondiente al proceso de implementación, a través de bitácoras producidas por los estudiantes, donde se encuentran registradas sus hipótesis, preguntas y conclusiones. Con estas se pretende conocer si los estudiantes lograron comprender o acercarse a la comprensión de conceptos como descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Como **hipótesis del trabajo** se planteó que es posible facilitar la comprensión de conceptos del electromagnetismo como: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, utilizando actividades experimentales.

Y también se generaron las siguientes **preguntas de investigación:**

- ¿Qué alcances se obtienen en la comprensión de: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales; a través de la implementación de una propuesta de actividades experimentales sobre la interferencia electromagnética?

Estas preguntas se resolvieron mediante el análisis de los resultados de la implementación de una propuesta de enseñanza que se tituló: **La descarga eléctrica y su carácter electromagnético: identificando pulsos, campos e interferencias electromagnéticas a través de actividades experimentales.** Esta propuesta se diseñó con el fin de permitir a los estudiantes indagar el fenómeno de las descargas electroestáticas, y abordar conceptos como, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Objetivo General, analizar los resultados de la implementación de una propuesta de enseñanza didáctica, con la que se pretende conocer conceptos básicos del electromagnetismo a través del fenómeno de la interferencia electromagnética, descargas electroestáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, utilizando actividades experimentales.

A partir de lo anterior se postulan los siguientes **objetivos específicos:**

- 1) Diseñar varios montajes experimentales para generar pulsos e interferencias electromagnéticas, que permitan:
 - a) Producir y caracterizar descargas electroestáticas. Emitir y recibir señales electromagnéticas
 - b) Emitir y recibir señales electromagnéticas
 - c) Identificar la dirección del campo electromagnético y las cualidades de las ondas que produce el pulso electromagnético.
 - d) Describir las interferencias producidas por un pulso electromagnético.
 - e) Diseñar una propuesta didáctica a través de estas actividades experimentales

A continuación, se van a nombrar algunos de los referentes teóricos que aportan de manera significativa en el desarrollo del presente trabajo, inicialmente se hizo una revisión de trabajos que estuvieran enfocados en el electromagnetismo y particularmente que hicieran énfasis en las interferencias electromagnéticas.

Andrés Felipe Gacheta, realizó una investigación titulada: caracterización de un pulso electromagnético generado por una descarga electrostática. Este trabajo trata acerca de las interferencias electromagnéticas, en el cual, se estudió el rango de acción que tiene una descarga electrostática y cuáles son los intervalos de frecuencia, también realizó una propuesta de enseñanza acerca de los fenómenos mencionados.

En el año 2005, José Drake realizó un trabajo llamado “instrumentación electrónica de comunicaciones”, donde se definen, explican y representan la formulación de las interferencias electromagnéticas

En segunda instancia, se realizó un estudio acerca de los referentes teóricos que abordaran el tema de la enseñanza del electromagnetismo. El trabajo hecho por Jefferson Agudelo, Germán Méndez, Angie Melo, titulado: Dificultades en la relación enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en cursos introductorios de nivel universitario: caso Universidad Católica de Colombia, en el cual, señalan aspectos de las dificultades en la enseñanza del electromagnetismo y mencionan una propuesta de enseñanza basada en experimentación.

En relación con las interferencias electromagnéticas y las aplicaciones en la enseñanza, se encontró que, Domingo Padilla Arzúzar e Isabel Garzón Barragán, desarrollaron un trabajo titulado: El teléfono celular: una estrategia didáctica para la enseñanza del electromagnetismo. En este trabajo, desarrollaron un trabajo experimental mediante el uso de dispositivos móviles, generando perturbaciones y protegiéndolos de estas, asimismo, elaboraron una propuesta de enseñanza alternativa, donde utilizan el teléfono móvil como instrumento de experimentación.

Los autores y trabajos mencionados anteriormente contribuyeron significativamente al proceso de construcción del actual documento, puede ser de forma teórica hacia la definición de los conceptos de descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas. Como también para identificar las dificultades que pueden poseer los estudiantes de nivel universitario con el electromagnetismo.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 La descarga electrostática y su carácter electromagnético

La descarga eléctrica es un fenómeno que se empezó a documentar e investigar con un carácter científico desde 1663 con Otto Von Guericke¹, inicialmente se generaron diferentes dispositivos con el fin de conocer la naturaleza eléctrica de los cuerpos cargados y sus manifestaciones, de este modo, se construyeron las botellas de Leyden para producir descargas en forma de estallidos o chispas eléctricas (Garzón Barrios, Tarazona Vargas, Sandoval Osorio, Malagón Sánchez, & Ayala Manrique, 2020)

La formación de descargas eléctricas es producto de la interacción entre dos o más cuerpos cargados eléctricamente, ya que, al encontrarse cuerpos con cargas diferentes entre sí, se produce una diferencia de potencial, es decir, la tensión eléctrica que se encuentra entre dos objetos cargados es la diferencia de sus voltajes, por ello, cuanto mayor sea la diferencia, mayor será la tensión y asimismo se permite la conducción eléctrica entre los cuerpos.

De este modo, las botellas de Leyden generan descargas debido a que la gran diferencia de potencial tiene la suficiente tensión para romper el dieléctrico², que significa que el medio que se interpone entre los objetos cargados generalmente no conductor actúe como un medio conductor³.

¹ Otto Von Guericke (1602-1686) construyó el primer generador eléctrico que producía descargas eléctricas a través de la electrificación de una esfera por fricción y se descargaba sobre una esfera de cristal (Roberge, s.f.). A partir de esto se realizaron diferentes experimentos, Pieter Van Musschenbroek (1692-1761) planteó la idea de construir un dispositivo que pudiera almacenar la carga, de esta forma diseñó la primera botella de Leyden, aunque fue William Watson quien propuso cubrir el cristal de la botella con estaño, puesto que este material poseía buenas propiedades conductivas, lo cual, generó una descarga electrostática en la mano de uno de sus asistentes, de este modo se empezó a evidenciar que era posible almacenar la carga en la botella. Posteriormente Benjamin Franklin que usó una cometa atada a una botella logró cargarla por medio de un rayo, mostrando que las botellas de Leyden pueden almacenar cargas de alta intensidad. (Castellanos Ortegón & Vija Suarez, 2011).

² Es el medio que se encuentra entre el cátodo y ánodo, éste tiene la particularidad de ser un material con baja conductividad eléctrica, es decir, no es posible el flujo eléctrico por el medio, algunos ejemplos del dieléctrico pueden ser el aire, la parafina, el papel, porcelana entre otros. Los dieléctricos son el conjunto de moléculas que se conforman por partículas cargadas positiva y negativamente, así la suma vectorial de estas cargas es igual a cero, por lo tanto, cada molécula forma un conjunto de dipolos, y la suma vectorial de cada uno de los momentos dipolares de las moléculas da como resultado cero, si la suma de este no da como resultado cero, se denominan moléculas polares (Redondo Quintela & Redondo Melchor, 2014). Es decir, la configuración inicial de sus cargas da como resultado una estructura organizada, cuya intensidad es igual a cero, por otra parte, si se desestabiliza la organización de las partículas por medio de un pulso electromagnético, el orden que adoptará permite que la suma vectorial de los momentos dipolares sea valor diferente de cero. La existencia de una diferencia de potencial inmersa en un dieléctrico como el aire, genera que el medio no se encuentre en un estado neutro, sino que se altere y posea una diferencia de potencial, lo que posibilita el rompimiento del dieléctrico generando que su estructura se reorganice y actúe como un conductor y de esta forma se genere una descarga electrostática.

³ Los conductores eléctricos son aquellos que permiten el flujo de corriente eléctrica de forma continua y sin oponer un alto índice de resistencia al flujo. Principalmente los materiales conductores son el cobre, oro, hierro.

Por ejemplo, cuando se mencionan los electrodos se hace referencia al cátodo y al ánodo de un circuito, esto es debido a que respectivamente uno tiene polaridad positiva y el otro polaridad negativa, permitiendo de esta manera que haya una diferencia de potencial entre los dos, en el momento que el cátodo se encuentre lo suficientemente cargado realiza la descarga sobre el ánodo, lo cual, hace posible que un dieléctrico como el aire se comporte como un conductor.

El avance en el estudio de las descargas llevó a identificar dos nuevos y relacionados fenómenos: Las descargas oscilantes y el pulso electromagnético.

1.2 Las descargas oscilantes, desarrolladas por Heinrich Hertz (1857-1894)

Heinrich Hertz (1857-1894) a finales del siglo XIX se encontraba realizando investigaciones acerca del electromagnetismo, por lo cual, se le informa sobre un premio que ofrece la Academia de Ciencias de Berlín sobre el siguiente problema: establecer experimentalmente cualquier relación entre fuerzas electromagnéticas y la polarización dieléctrica de los aislantes. Posteriormente encontraría que sus desarrollos experimentales le permitían dar razón de lo que Maxwell llamó ondas electromagnéticas.

Hertz se puso en la tarea de demostrar que la variación de la polarización de materiales dieléctricos produce un campo magnético. Desarrolló montajes experimentales en los que se pudiese evidenciar que, al inducir un campo eléctrico alterno, es decir, un campo que varía su polaridad sobre materiales dieléctricos, éstos generaban un campo magnético oscilante en función del campo eléctrico inducido.

Esto le permitió producir descargas oscilantes, sin embargo, no encontró altas intensidades de corriente como las que él deseaba para la descarga eléctrica. A pesar de que los materiales dieléctricos aumentaban considerablemente la frecuencia, la fuerza magnética y el potencial inductivo, él pretendía aumentarlas aún más. Hertz tenía conocimiento de que las botellas de Leyden se descargaban de forma oscilatoria discontinúa lo que podría usar para generar corrientes alternas a partir de campos eléctricos en los circuitos abiertos, de forma que, al descargarse las botellas se generaría un campo eléctrico oscilante, permitiendo la inducción en un circuito abierto (Hertz, 1962, pág. 80)

Como se mostrará en la ilustración 1, Hertz desarrolló su primer montaje experimental usando un carrete de inducción A, que se descarga sobre los conductores B, produciendo una chispa que él supone como una oscilación que a través del circuito se induce sobre M, entre B y M, se encuentra una bobina que permite aumentar la potencia del circuito produciendo una chispa sobre M.

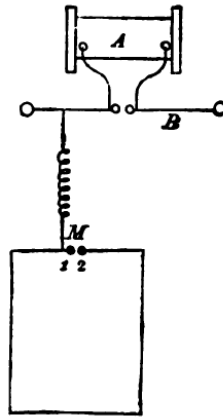


Ilustración 1. Tomada de (Hertz, 1962)

Posteriormente Hertz decide modificar el montaje experimental con el fin de aumentar la intensidad de las frecuencias y fuerzas, así que, en el circuito B cambia sus extremos por bloques metálicos más grandes que actúen como conductores, permitiendo que aumente la inducción eléctrica, y el circuito M se rota 180° y se desconecta del circuito principal, de modo que, si se produce una chispa sobre M se debe a una oscilación producida por el circuito principal.

Aquí Hertz afirma que se producen oscilaciones desde el circuito principal, que actúa como emisor y las recibe el circuito M, el cual cumple la función de ser un receptor de oscilaciones que se propagan a través de un campo eléctrico inducido desde el circuito principal. Ver ilustración número 2.

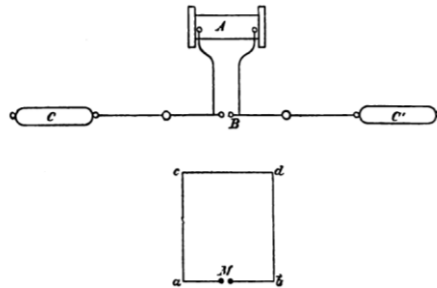


Ilustración 2. Tomado de (Hertz, 1962)

Del carrete de inducción parten dos conductores, el primer cable ubicado a la izquierda tomará la polaridad negativa por convención y éste se descargará sobre la botella C, en el punto B. Donde se abre el circuito no se generará ninguna chispa hasta que las botellas se encuentren lo suficientemente cargadas como para polarizar el dieléctrico y producir una descargar eléctrica, por otra parte, el cable derecho tomará la polaridad positiva y cargará la botella C'.

Hertz encontró que para poder ver los efectos sobre el circuito M, los dos circuitos debían estar sintonizados; para sintonizarse se debe tener una fuerza electromotriz lo suficientemente estable, de modo que se realice la inducción eléctrica, sino no es posible la

sintonización, a no ser que se aumente el campo eléctrico con el fin de igualar la fuerza electromotriz de ambos circuitos. También se puede sintonizar modificando la longitud de los cables que conectan con las botellas C y C', puesto que la longitud de éstos opone resistencia y disminuye la inducción del sistema, así afirmaba Hertz que logró sintonizar ambos circuitos.

Demostó, también, que cambiando la longitud o aumentando la intensidad, la chispa en el circuito B se veía afectada del mismo modo, es decir, si se varía la distancia entre los electrodos del primer circuito B cambia la intensidad o frecuencia del segundo circuito M, asimismo, si se aumenta la intensidad eléctrica en B, M se vería afectado, lo que da razón de la sintonización entre los dos circuitos.

Hertz evidenció con esto que una señal emitida puede reproducirse en un segundo circuito sin la necesidad de conexión por cable, muestra que la señal viaja a través del espacio. De esta forma, se comprueba la existencia de las ondas electromagnéticas y a partir de ello se posibilita la invención de dispositivos como el radio, que permiten la transmisión de información en forma de onda electromagnética, que se emite desde una estación de radio con determinada frecuencia y se propaga hasta el receptor que posee la misma frecuencia, por tanto, es posible sintonizarse y transmitir información a partir de ello. (Hertz, 1962).

Hertz pudo comparar estas ondas electromagnéticas con las mecánicas, encontrando que, compartían algunas propiedades como la reflexión y la refracción, sin embargo, las ondas electromagnéticas se transmiten incluso a través del vacío. El medio de propagación de las ondas electromagnéticas fue un tema de estudio tan importante en la física que William Berkson analiza en su obra: Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein (Berkson, 1974), y que se resume en el siguiente apartado.

1.3 La relación entre el campo electromagnético y la onda

El campo por donde se propagan estas ondas es de difícil representación, por esta razón, bastantes filósofos naturales se dedicaron a definir y caracterizar el campo, sin embargo, quien estableció el concepto parcialmente fue Michael Faraday, él concluye y desarrolla las ideas que construyeron diferentes personajes ilustres como Newton, Leibniz, Descartes, Kant y Boscovich. Sin embargo, Faraday reconoce como más acertada la postura que tenía Kant y Boscovich, en relación con la definición del campo.

Los primeros acercamientos a la noción del campo se pueden relacionar con Newton puesto que su cosmovisión le permitió realizar grandes investigaciones sobre la materia y su comportamiento, sin embargo, no tuvo una relación directa con la construcción del concepto de campo, no obstante, él afirmó que la fuerza daba razón de todos los fenómenos, por ello consideró que el espacio estaba formado por partículas, sin embargo, éstas no estaban unidas y tampoco llenaban el espacio, al contrario, lo que estaba entre las partículas era el vacío.

Para explicar cómo era el comportamiento de las partículas con el fin de conocer el movimiento a partir de la fuerza, se utilizaba el concepto de la acción directa y a distancia, el cual, permitía que las partículas interaccionaran con otras al instante de realizar la fuerza,

es decir, los efectos que se producían eran instantáneos, de manera que, el vacío entre las partículas no imposibilitaba las reacciones de éstas.

“La fuerza que ejerce un corpúsculo sobre otro es siempre igual y opuesta a la ejercida por el segundo sobre el primero (ley de la igualdad de la acción y reacción, la tercera ley de Newton (Berkson, 1974, pág. 39)”

En su contraparte se encontraban algunos filósofos naturales como Descartes, Kant y Boscovich que tenían posturas contrarias a las Newtonianas, sin embargo, en algunos casos se basaron en posturas Newtonianas para contra argumentar las afirmaciones de Newton, siendo así se usaron los conceptos de: Corpúsculos o partículas, espacio absoluto y fuerzas que actúan a distancia.

Descartes consideró que tanto el espacio como la materia no se podían separar o tomar como conceptos independientes, debido a que el afirmaba que la materia se compone por pequeñas partículas infinitesimales, que forman lo que se podría llamar un mar de materia y todas las perturbaciones que se generan sobre éste permiten generar “remolinos”, lo cual, representa que el movimiento se produce en áreas donde hay diferencias en el flujo de materia. De esta manera, Descartes afirma que el movimiento no es producido por fuerzas y que no son necesarias para explicar ningún fenómeno, como también, descarta la idea de la acción a distancia.

“En el sistema de Descartes, la materia se identifica con el espacio y se supone que no existen fuerzas” (Berkson, 1974, pág. 43)” La acción de un cuerpo sobre otro se realiza por contacto en un mar universal de materia. Para explicar cómo tiene lugar el movimiento se establece que parte de la materia es más fluida que el resto, porque está constituida por partículas muy pequeñas, algunas incluso infinitesimales, es decir, no hay espacios vacíos.

Posteriormente a la concepción generada por Descartes, se produjeron algunos fallos conceptuales o así lo consideraba Leibniz, quien también, fue contemporáneo y su postura era contraria a la Newtoniana, él planteó que se producía una inconsistencia teórica al cuestionarse cuál era la manera en la que interactúan dos sólidos o como se conoció en ese entonces la impenetrabilidad.

A diferencia de Descartes, Leibniz consideró también, el espacio como materia, sin embargo, la concepción que realizada por él hacía que la fuerza tuviera un papel indispensable a la hora de pensar la materia como un mar de partículas, pues, cada partícula debe tener una fuerza repulsiva que da razón de la interacción entre sólidos, debido a que, sin ésta, los cuerpos se comportarían como “figuras geométricas” que se atravesarían.

Luego de que Leibniz relacionara sus concepciones sobre el campo con las de Descartes, los filósofos Kant y Boscovich, realizaron una descripción acerca de lo que posteriormente Faraday concluiría sobre el campo.

“Asociadas a cada punto del cuerpo hay fuerzas tanto atractivas como repulsivas. Cada punto repele a los que entran en contacto con él debido a las fuerzas repulsivas y, por tanto, el cuerpo tiende a dilatarse. Esta dilatación queda contrarrestada por la fuerza atractiva asociada a cada punto, que tira de todos los demás puntos del cuerpo

hacia él. El equilibrio entre ambas fuerzas explica la estabilidad de los cuerpos materiales. El cuerpo «llena» el espacio que ocupa en virtud de las fuerzas repulsivas asociadas a cada punto.” (Berkson, 1974, pág. 47)

Gracias a las aportaciones de los personajes que se mencionaron anteriormente, fue posible la construcción del concepto e incluso de la teoría de los campos electromagnéticos, sin embargo, esta llega a su apogeo con Heinrich Hertz quien realiza la confirmación experimental de las ondas electromagnéticas, se debe tener en cuenta que Hertz se inclinaba por la teoría de campos postulada por Michael Faraday, quien afirmaba que por el campo se transmiten las acciones o fenómenos eléctricos y magnéticos.

Esta idea es contradictoria a las posturas Newtonianas debido a que la acción que generan los campos electromagnéticos afecta consecutivamente cada uno de los puntos del espacio, sin ser por lo tanto una acción directa y a distancia, no obstante, con Faraday no se realizó ninguna actividad experimental que permitiera dar razón de la velocidad finita de propagación propia de la teoría de campos, pero mostró la existencia de acciones contiguas a través de las líneas de fuerza.

A pesar de que Faraday no encontró como demostrar experimentalmente la velocidad de propagación, afirmó que, la acción a distancia no podía contenerse como explicación a los fenómenos eléctricos, ni magnéticos, debido al rechazo de la acción a distancia, estaba en la insatisfacción que a priori producía que la fuerza fuese dando saltos a través del espacio. La idea resulta menos atractiva aún en el caso del tiempo, donde habría que suponer que un suceso puede provocar otro en el futuro sin influir en los sucesos intermedios. Lo que resulta extraño en la acción a distancia es la violación de la continuidad, de la identidad a través de los cambios continuos del espacio y del tiempo. (Berkson, 1974, pág. 76).

Faraday consideró el concepto Newtoniano de la fuerza como fundamental, no obstante, la definición de fuerza para él es la siguiente:

“El razonamiento se basaba en que como la materia actúa solo a través de la fuerza, y la fuerza es única, única debe ser la materia. Un fluido eléctrico tendría que estar constituido en esencia por un complejo de fuerzas. Por lo tanto, no podía ser que el fluido eléctrico actuara solo sobre sí mismo; tiene que interactuar con otro tipo de materia. ¿Por qué no suponer entonces que los efectos eléctricos son una condición de la materia en general?” (Berkson, 1974, pág. 54)

“La fuerza es considerada como real (sustancial), y toda distinción entre materia y fuerza queda abolida. Faraday creía que las partículas son lugares donde las fuerzas convergen en un punto, en lugar de considerarlas como puntos materiales con fuerzas asociadas.” (Berkson, 1974, pág. 75)

Luego de conocer algunas de las concepciones que poseía Faraday acerca del concepto de fuerza, él asumió que para explicar el campo debía ser a través de las interacciones de la fuerza, de modo que, las fuerzas actuarían sobre otras fuerzas, es decir, si los sistemas son cuerpos de materia y ésta se ve afectada por las fuerzas que se generan sobre la materia

misma, se puede concluir que la fuerza actúa entre sí y son fuerzas contiguas las que cambian o modelan el sistema o materia.

Entonces, la fuerza tendría que ser como una sustancia universal que permea todo el espacio y a cada región del espacio se le asocia una fuerza o magnitud y dirección, lo cual, afecta las regiones vecinas del espacio, esta afectación se debe a la fuerza y dirección del punto inicial, lo que se traduce en que aquellas regiones o puntos vecinos se muevan, cada una con su respectiva fuerza, a esto se le conoce como los puntos contiguos. (Berkson, 1974, pág. 79).

Por otra parte, Maxwell ya había mostrado matemáticamente la existencia de un tipo de ondas eléctricas y magnéticas, las cuales, pretendían ser una misma, es decir, las ondas electromagnéticas que poseían velocidad finita, siendo ésta la misma que la velocidad de la luz, sin embargo, su desarrollo no fue tomado con la seriedad hasta 1886 con el trabajo experimental de Hertz.

En este sentido, las investigaciones desarrolladas por Hertz, Maxwell, Faraday entre otros, estructuran las ideas o nociones acerca de un concepto como el campo donde la materia es indistinguible de la fuerza, y las acciones que se generan son a través de la misma fuerza y el espacio. Nótese como el trabajo experimental es importante para mostrar que las señales tienen velocidades finitas, afectan el espacio circundante, todo este tipo de conceptos solo son posible de percibir a través de los efectos de la descarga y la interacción de las ondas electromagnéticas.

Por otra parte, la producción de la descarga a través del carrete de inducción produce fenómenos como el pulso y la interferencia electromagnéticas, no obstante, para la fecha no fueron apreciables o no se tuvieron en cuenta hasta mediados del siglo XX con el crecimiento científico y tecnológico.

1.4 El pulso electromagnético y su carácter ondulatorio

La existencia del pulso electromagnético se conoció a través de las detonaciones nucleares, sin embargo, antes de éstas ya se tenían estimaciones sobre un fenómeno que podía generar un estallido de energía electromagnética. Las guerras mundiales tuvieron un gran vínculo con el impacto de la ciencia y tecnología, ya que se realizaron grandes avances en estos ámbitos, como puede ser el desarrollo de sistemas de computación, de navegación y medios de comunicación, entre otros. Sin embargo, la aparición de todos estos avances permitió el descubrimiento de un fenómeno físico, éste producía perturbaciones en señales electromagnéticas y también sobre dispositivos eléctricos o electrónicos, no obstante, era posible que los propios dispositivos emisores de la perturbación fueran interferidos, como el caso de los Jeep Willys que al momento de poner en marcha el vehículo, la ignición hacía que las bujías produjeran un pulso electromagnético que interfería los radios de comunicación, impidiendo la recepción y emisión de información.

Por otra parte, el mayor avance en la investigación de las interferencias electromagnéticas se produjo de la mano del estudio de las detonaciones nucleares. El 16 de julio de 1945 Estados Unidos realiza la primera prueba de una detonación nuclear en nuevo México, Texas llamada Trinity, durante la detonación se pudo evidenciar que tanto las comunicaciones como los

dispositivos eléctricos y electrónicos se vieron interferidos. El físico Enrico Fermi, denominó a la causa de esta interferencia como pulso electromagnético y había predicho que esto podría pasar por la ionización del aire, producto de los rayos gamma que se generaron con la detonación (González Gachetá, 2018, pág. 4).

El desarrollo que condujo a un mejor control de las interferencias electromagnéticas se dio por la segunda guerra mundial, por ello, se realizaron investigaciones alrededor de los pulsos electromagnéticos producidos por detonaciones nucleares, así que produjeron aproximadamente 1769 pruebas nucleares. También, para el año de 1962 se conoció el proyecto “Fishbow⁴”, con el que se realizó la prueba denominada como “Starfish⁵”.

Estos proyectos fueron de gran relevancia ya que fue la primera prueba nuclear que se realizó sobre el aire, acción que generó la interferencia de dispositivos eléctricos, electrónicos y asimismo de señales a la isla de Hawái, el rango de acción de esta detonación fue de alrededor de 400 kilómetros, dejando dispositivos eléctricos dañados temporal o permanentemente. (Headquarters air force special weapons center air force systems command kirtland air forcebase, New Mexico, 1961.)

A partir de lo anterior, se realizaron numerosas investigaciones donde se encontró que las detonaciones nucleares no son la única forma de generar pulsos electromagnéticos, ya que estos son la variación o emisión de un campo electromagnético intenso que puede generar radiación electromagnética formando un pulso electromagnético, esta emisión o variación debe ser en un tiempo corto, de tal forma que, durante la producción del pulso se estima una duración entre cien picosegundos a dos milisegundos, a esto se le conoce como “risetime” que traduce como tiempo de subida, por otra parte, el tiempo en el que se propaga el pulso puede oscilar entre un nanosegundo y cincuenta milisegundos. (Vasilevich Shurenkov & Sergeevich Pershenkov, 2016).

Entonces el pulso electromagnético puede ser fruto de la descarga electrostática, debido a que es un fenómeno en el que se debe considerar más aspectos como el carácter dinámico de la descarga, puesto que la generación de ésta permite la formación de campos magnéticos a través del flujo de la corriente, es decir, a partir de la chispa se produce un pulso electromagnético.

Para el trabajo con los estudiantes en el aula de clase se plantea caracterizar el pulso por medio de la descarga eléctrica, puesto que la producción de descargas es producto de la ionización del aire, es decir, esto genera que los dieléctricos actúen como conductores y de esta manera al encontrarse con señales electromagnéticas o dispositivos circundantes a lugar donde se realizó la chispa, permite que el campo eléctrico varíe en relación con la descarga producida, es decir, a partir de la fluctuación del campo surge una onda eléctrica con

4 Proyecto Fishbow proponía cinco pruebas nucleares que se desarrollaron en áreas cercanas a Hawái, particularmente se hicieron a 1450 km de esta isla

5 Starfish fue la primera prueba que no se realizó sobre el nivel del mar o en tierra firme, puntualmente se detonó a 400km sobre el nivel del mar, lo cual, permitió que la propagación se extendiera hasta Hawái e interfiriera con diversos dispositivos eléctricos y electrónicos como las farolas en la calle o las líneas de comunicación. (Saridiña Del Dedo, 2017)

determinada frecuencia y fuerza, lo cual, produce que los dispositivos o señales ajenas a la chispa aumenten o disminuyan su intensidad eléctrica y de este modo cambie de forma repentina, permitiendo que el dispositivo se sobrecargue y se dañe temporal o permanentemente.

De acuerdo con (González Gachetá, 2018) es posible realizar la clasificación de los pulsos electromagnéticos según el rango de acción y su potencia, se pueden distinguir en tres tipos de pulso electromagnético: Baja, media y alta intensidad, los cuales se caracterizan por la relación entre voltaje y distancia máxima de acción.

Intensidad	Voltaje	Radio de acción	Causa
Baja	1kv-100kv	0.01m-10m	Motores, líneas eléctricas y caídas de meteoritos
Mediana	100Mv	1m-100m	Rayos atmosféricos
Alta	1Gv	1000km-2000km	Detonaciones nucleares y tormentas geomagnéticas

Tabla 1. Tipos de pulso electromagnético de acuerdo con su intensidad (González Gachetá, 2018)

Esta clasificación es de gran interés, ya que, el rango de acción y la intensidad tienen una relación, cuanto más lejos se encuentre un observador de un pulso electromagnético, menor será su magnitud, por otra parte, cuanto mayor sea la intensidad del pulso, más grande será el rango de acción de éste (González Gachetá, 2018).

Está bien establecido ahora que un pulso electromagnético suficientemente intenso en el rango de frecuencia de 200 MHz a 5 GHz puede causar malestar o daño en los sistemas electrónicos. La razón para elegir este rango de frecuencias es que es ampliamente utilizado en radares, transmisiones de televisión, comunicaciones móviles, fuentes de microondas de alta potencia (HPM), etc. Este efecto inducido en un sistema electrónico se conoce comúnmente como irradiación electromagnética intencional o no intencional (EMI por sus siglas en inglés). Tal interferencia electromagnética podría ser irradiada o conducida.

Un pulso electromagnético, también llamado a veces una perturbación electromagnética transitoria, es una ráfaga corta de energía electromagnética. La forma de onda del pulso electromagnético describe cómo su amplitud instantánea (de intensidad de campo o corriente) cambia con el tiempo. Los pulsos reales tienden a ser bastante complicados, por lo que los modelos simplificados se usan a menudo en estudios teóricos y experimentales. Por lo general, dichos modelos abordan un pulso rectangular o "cuadrado". Una forma de clasificar el EMI se basa en el contenido de frecuencia de sus densidades espectrales como "banda estrecha" y "banda ancha". El espectro de frecuencia y la forma de onda del pulso están interrelacionados a través de la transformada de Fourier. Un pulso electromagnético típicamente contiene energía a muchas frecuencias desde DC (cero Hz) hasta cierto límite superior dependiendo de la fuente. La brevedad del pulso significa que siempre se extenderá en un rango de frecuencias. Los tipos de pulso electromagnético se dividen ampliamente en naturales, hechos por el hombre y armas. Hoy en día, es posible

generar pulsos transitorios de banda ancha (WB) con gran amplitud y tiempos de subida muy cortos. Como campo electromagnético irradiado, estos pulsos tienen un efecto en la función de la electrónica moderna. La interferencia de microondas a menudo se considera que tiene un ancho de pulso que varía de varios a varios cientos de nanosegundos. (Vasilevich Shurenkov & Sergeevich Pershenkov, 2016).

A partir de la producción de pulsos electromagnéticos se encuentra que se produce otro fenómeno, el cual se caracteriza por las perturbaciones que produce a dispositivos eléctricos, electrónicos y otras señales, denominándose interferencia electromagnética.

1.5 Interferencia electromagnética

Para conocer el comportamiento de las interferencias electromagnéticas es necesario identificar que éstas son producto de la superposición de una cantidad determinada de ondas electromagnéticas (Hertz, Ondas eléctricas, 1893).

El ruido o interferencia electromagnética ocurre cuando una onda que se encuentra a determinada frecuencia es interceptada con otra señal, permitiendo que de esta manera las ondas en cuestión se encuentren en una frecuencia considerablemente cercana y a través de esto, es posible que se superpongan. También, se puede conocer a la interferencia como perturbación o ruido electromagnético (Moyano, José María Drake, 2005).

Se puede afirmar que existen dos tipos de perturbación, siendo éstos los causantes del ruido en la recepción de señales: ruido interno y externo.

- Ruido interno: También conocido como el ruido electromagnético artificial, es el que se caracteriza por la generación de perturbaciones mediante la emisión de radiofrecuencia variable y se compone por los dispositivos electrónicos que varían su intensidad de corriente eléctrica que circula por ellos. (ruido térmico, ruido por cuantización de cargas, ruido de semiconductor)
- Ruido externo: También conocido como el ruido electromagnético natural tiene como principal propiedad la generación de interferencia en un punto del sistema y es, una consecuencia de la presencia de fuentes eléctricas o magnéticas, en el mismo sistema o afuera del sistema, como lo pueden ser tormentas eléctricas, motores, bujías. El ruido de interferencia puede ser intermitente, periódico y aleatorio.

Las interferencias electromagnéticas externas son usualmente producidas por las sobrecargas, sin embargo, el ejemplo más común es el rayo, el cual, produce una descarga electrostática, donde la nube y la tierra actúan como cátodo y ánodo, respectivamente. De este modo, al encontrarse separados por el aire que está en el medio y actúa como dieléctrico, si la nube se encuentra lo suficientemente cargada es posible que permita la ionización del aire haciéndolo conductor (la ruptura del dieléctrico).

Por otra parte, algunos de los dispositivos que producen interferencia interna a través de un pulso electromagnético son los siguientes: motores a combustión interna, los cuales, generan una variación repentina en el flujo de electricidad produciendo una descarga electrostática que se produce desde las bobinas del vehículo y se descarga en la bujía, las cuales generaban

una chispa que permite la combustión de la gasolina, sin embargo, esto ocasiona un pulso electromagnético, así como este ejemplo, se puede producir interferencias de la misma manera con diversos dispositivos, llave de circuitos de potencia, accionamientos de cargas inductivas y resistivas, accionamiento de relés, llaves, disyuntores, lámparas fluorescentes, calentadores, ignición automovilística, descargas atmosféricas o aún descargas electrostáticas entre personas y equipos. (Cassiolato, 2015). Esto pone de precedente que tanto el ruido externo como interno puede ser producido por descargas electrostáticas, como el caso del relámpago o las bujías de un vehículo.

Para prevenir las interferencias electromagnéticas se desarrolló la compatibilidad electromagnética⁶ que hace referencia a un certificado que se otorga a los dispositivos electrónicos o eléctricos con la intención de blindar dispositivos frente a las interferencias.

1.6 ¿Qué relación existe entre una descarga electrostática, un pulso electromagnético y la interferencia?

Cuando se hace referencia a la interferencia producida por una detonación nuclear, se relaciona directamente con un pulso electromagnético, por esta razón, es importante reconocer que en una detonación nuclear se produce un pulso electromagnético debido a los efectos de la radiación gamma, asimismo, la interferencia es fruto de la radiación electromagnética emitida por el pulso, sin embargo, en este caso no se hacen presentes las descargas electrostáticas.

No obstante, los rayos o relámpagos producidos por una tormenta eléctrica son fenómenos que se componen por descargas electrostáticas, de tal manera que, se sugiere un orden en la producción de las interferencias electromagnéticas, pues, todas las descargas electrostáticas producen un pulso electromagnético, aunque todo pulso electromagnético no es originado por una descarga electrostática.

Por ello, se consideró que luego de conocer las descargas electrostáticas, pulsos, campos y ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de perturbaciones electromagnéticas, es posible realizar montajes experimentales que den razón de los fenómenos mencionados anteriormente y de esta forma describir y caracterizar las acciones de éstos

⁶ La compatibilidad electromagnética es una certificación emitida por diferentes organizaciones en el mundo con el fin de regular las interferencias electromagnéticas que se pueden producir a través de los mismos dispositivos, asimismo, previene que estos puedan ser interferidos. Para que cualquier dispositivo pueda contar con esa certificación debe pasar por rigurosas pruebas, estas pruebas dependen de la organización que las realice (Cemdal 2016).

CAPÍTULO II. MONTAJES EXPERIMENTALES

En este capítulo se diseñaron varios montajes experimentales que permitieron la producción de descargas electrostáticas, pulsos e interferencias electromagnéticas, así que, se plantean las siguientes experiencias, las cuales, dependerán del generador de pulsos electromagnéticos. Aparato que se encarga de producir la descarga electrostática y a su vez la interferencia que actuará con los diferentes montajes.

2.1 Formas de caracterizar la descarga, el pulso y la interferencia.

Como lo señaló (González Gachetá, 2018) el pulso electromagnético puede ser detectado y descrito por la radiación con la que es emitido, quizá uno de los dispositivos que hubiera permitido la detección del pulso y su caracterización podía ser un osciloscopio, sin embargo, la adquisición de uno no fue posible, por lo tanto, se usa un receptor de radio, el cual, sintoniza frecuencias desde los 500khz hasta los 700khz para la modalidad de Am, cabe resaltar que la utilización de este dispositivo es con base en el trabajo experimental de Gacheta.

El radio receptor se encontraba dentro del espectro de AM y FM, con lo cual, se pretendía encontrar los intervalos de frecuencia con los que contaba el pulso electromagnético, como se señaló anteriormente el trabajo realizado por Gacheta sirvió como punto de partida para realizar el montaje experimental con el que se determina la frecuencia del pulso, sin embargo, se variaron las direcciones en las que se encontraba el receptor (radio), con el fin de encontrar si el rango de acción de la radiación electromagnética cambia en función de una dirección determinada, del mismo modo se logró establecer las frecuencias de la radiación emitida.

Posteriormente se utiliza un dispositivo electrónico como una calculadora, con la que se realizan diferentes pruebas interfiriéndola con el pulso electromagnético producido a través de la descarga electrostática, esto se realizó con la intención de conocer el rango de acción con el que se perturban los dispositivos electrónicos.

Para finalizar, surge la cuestión de cómo caracterizar el pulso y para ello se plantea la cuantificación de la interferencia electromagnética a través de bombillos led que permitan conocer el potencial al que se encuentran y la intensidad de corriente eléctrica, esto es posible usando un multímetro que se conecta a los bombillos y da razón de las líneas equipotenciales y el campo eléctrico producto del pulso.

La intención de los bombillos led es ubicarlos en diferentes regiones del espacio, de forma que se permita encontrar el potencial de cada punto del espacio, es decir, realizar mediciones de la diferencia de potencial y la intensidad eléctrica sobre cada punto al momento de producir una descarga electrostática. Con lo cual, es posible llegar a caracterizar el fenómeno de la descarga y el pulso, sin embargo, la interferencia electromagnética sigue en duda.

2.2 Generador de pulsos electromagnético

Para la producción de pulsos electromagnéticos se dispuso de cuatro generadores de alto voltaje, cada uno produce alrededor de doce mil voltios, sin embargo, aumentar la potencia de estos conectándolos como un circuito en serie no fue posible, debido a configuraciones internas de los generadores, no obstante, realizando la conexión en paralelo fue posible incrementar la intensidad eléctrica (ver ilustración 3), teniendo en cuenta que cada uno puede producir 2A aproximadamente, es decir, es estima que se produjeran 8A.

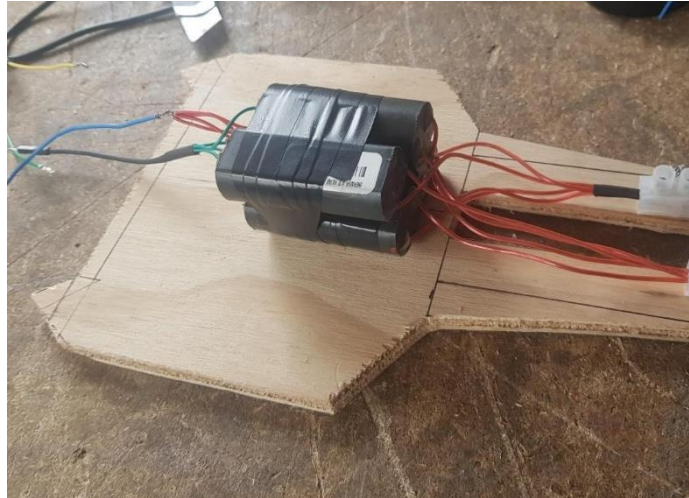


Ilustración 3. Conexión en paralelo generador de pulsos electromagnéticos

En el momento que se realiza la instalación de los generadores en paralelo con el fin de aumentar la corriente, la intensidad eléctrica aumenta alrededor de cuatro veces más. De tal manera que, los pulsos que produce el generador parten desde aproximadamente 12kv y 8A. Los generadores se instalaron sobre una plataforma que permita la manipulación del dispositivo, es decir, se pueden producir movimientos o rotaciones tanto en el eje vertical, como el horizontal.

Luego de realizar la instalación de la plataforma con los generadores, se procedió a adaptarlos para los montajes experimentales, donde se cumplió con los incisos del primer objetivo específico, por lo tanto, es posible afirmar que:

- El dispositivo permite producir y caracterizar descargas electroestáticas.
- En todos los arreglos experimentales se puede evidenciar la emisión y recepción de señales electromagnéticas mediante los efectos que producen estas mismas.
- Con el uso de un multímetro, brújulas y bombillos leds (estos dispositivos se encuentran en todos los montajes experimentales), es posible identificar la dirección del campo electromagnético y sus cualidades

2.3 Montaje experimental 1. Generador de alto voltaje y su interferencia radial

Para el primer montaje se logró caracterizar y describir las interacciones del campo electromagnético a través del generador de pulsos, para ello se dispuso de doce bombillos led, que están divididos en tres anillos, donde cada aro o anillo se encuentra distribuido uniformemente con cuatro bombillos led, asimismo, tendrán una distancia radial de r_1 , r_2 , r_3 con relación al generador de alto voltaje.

En la tabla número 1 que se mostrará más adelante se puede observar la distribución⁷ de los doce bombillos led, los cuales, se encuentran a una distancia en relación con el generador de alto voltaje de 0.2cm, con la intención de evidenciar cuál es la intensidad máxima de la interferencia producida por el pulso electromagnético, cabe resaltar que, los cátodos y ánodos de los bombillos se encuentran en dirección opuesta al generador de alto voltaje como se muestra en la ilustración número 4.

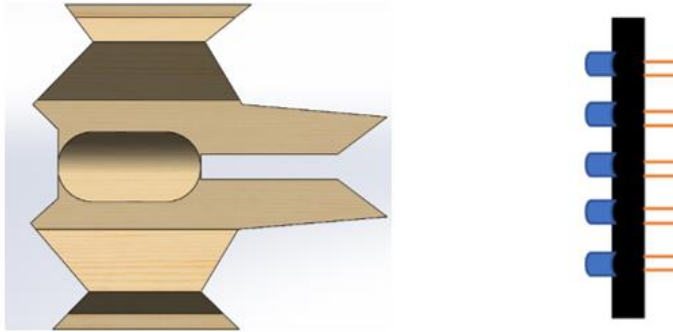


Ilustración 4. Disposición de los bombillos led respecto al generador de pulsos electromagnéticos.

La ilustración número 4 es una representación hecha a partir de una perspectiva frontal, vista desde la parte superior y se puede observar como el generador de alto voltaje se encuentra en la dirección de los bombillos led, que en la ilustración número 4 se interpretan como los semicírculos azules, de forma que la sección de color negro que atraviesa los bombillos es la lámina de madera y por último los cátodos y ánodos, que se encuentran en la parte derecha de la imagen.

Lo mencionado anteriormente es importante puesto que se quiere evidenciar si la ubicación de los cátodos y ánodos de los bombillos led afectan la intensidad de la interferencia, es decir, si se encuentra un cambio en relación con las medidas del potencial y la intensidad eléctrica.

⁷ Se muestra la ubicación y disposición de los bombillos y se debe resaltar que los bombillos se encuentran en una lámina de madera, la cual, puede actuar como aislante y disminuir los efectos de la interferencia que se puede producir.

Para realizar la toma de medidas e identificar qué tan intensa es la corriente y el voltaje que produce el generador de alto voltaje, se hará uso de un multímetro, el cual, permite conocer la magnitud de la corriente y el voltaje sobre cada bombillo.

En primera instancia se dispusieron de cuatro bombillos led azules, ya que, es fácil la observación de este color, posteriormente quedaron distribuidos concéntricamente, con un radio R1 de 0.5cm en relación con el origen (ver tabla 2), que, en esta ocasión se encuentra ubicado el generador de alto voltaje, puntualmente el cátodo y ánodo que permiten la descarga electrostática. Al encontrarse a una distancia tan corta los efectos de la interferencia son visibles, por ejemplo, con cada descarga se iluminan algunos bombillos.

	1	2	3	4	5	6	7
a				a4			
b		b2				b6	
c				c4			
d	d1		d3		d5		d7
e				e4			
f		f2				f6	
g				g4			

Tabla 2. Organización de los bombillos

En este caso, se encontró que los leds, c4, d3, d5, e4, los cuales, son los que pertenecen al primer anillo y que se encuentra más cercanos al generador de alto voltaje. Tuvieron las siguientes intensidades en sus respectivos voltajes y corrientes.

	c4	d3	d6	e4
Voltaje(mV)	1,6	1,5	1,4	1,5
Corriente (mA)	0.2	0.2	0.2	0.2

Tabla 3. Intensidades de voltaje y corriente primer anillo

Es posible afirmar que no hubo variaciones considerables en relación con el cambio de ubicación de los bombillos, es decir, según los datos, el pulso electromagnético actúa con la misma intensidad en un radio definido.

	B2	B6	F2	F6
Voltaje(mV)	0.30	0.27	0.31	0.28
Corriente (mA)	0.1	0.1	0.1	0.1

Tabla 4. Intensidades de voltaje y corriente segundo anillo

En el segundo anillo (ver tabla 4) se utilizaron otros cuatro bombillos led que estuvieran dispuestos concéntricamente con un radio de 1cm del origen, de la misma manera que se mencionó anteriormente, sin embargo, cuando se acciona el pulso los efectos son menos

evidentes, debido a que no se iluminan con suficiente intensidad como para poder diferenciar entre la luz que produce la descarga electrostática o la propia luz del bombillo.

Para este caso se encuentra la misma relación que se mencionó en el primer anillo, tanto el eje vertical como el horizontal tienen intensidades muy similares.

Para analizar con mayor detalle los resultados experimentales se utilizó la aplicación surfer⁸, que permitió graficar los datos mencionados anteriormente, de modo que, se da razón de las líneas equipotenciales⁹ y de igual forma el campo eléctrico¹⁰.

En la ilustración número 5 se muestra la relación entre las líneas equipotenciales y el campo eléctrico, a partir de esto es posible afirmar que las regiones del espacio denotadas con color azul dan razón, de un mayor potencial y los colores blancos o amarillos muestran un menor potencial.

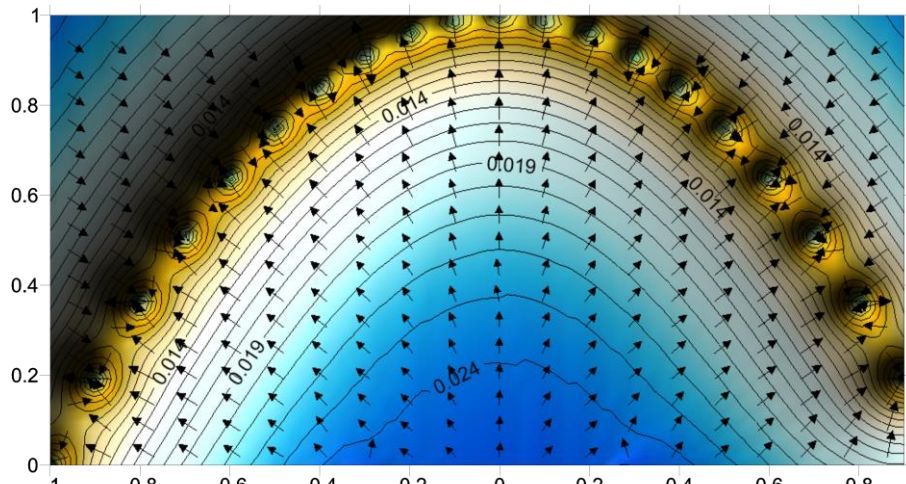


Ilustración 5. Líneas equipotenciales, primer montaje

Para generar esta gráfica se tomaron los datos correspondientes a la tabla número 1, para dar razón de éstos primero se ubicaron alrededor de 72 puntos en el plano cartesiano, de forma que el origen del plano cartesiano constituía el primer punto, teniendo en cuenta que esa ubicación corresponde al bombillo d3, posteriormente se ubicaron los demás puntos y a cada punto del plano se le asignó un valor de la diferencia de potencial, ésta fue dada por un voltímetro, que permitió realizar las mediciones, luego de que a cada punto le correspondiera

⁸ El software de Surfer, es una aplicación que posibilita la construcción y observación de gráficos en dos o tres dimensiones, se enfoca hacia la modelación de isolíneas y las superficies.

⁹ Las líneas equipotenciales que se tomarán en el trabajo son aquellas en las que se encuentra el contorno o líneas definidas en un mismo plano cartesiano, es decir, se realiza las mediciones correspondientes al potencial en diferentes puntos del espacio, luego de ello se ubican los puntos del espacio con mismos potenciales y se trazan de forma perpendicular a las líneas de campo, dando como resultado las líneas equipotenciales.

¹⁰ EL campo eléctrico fue posible denotarlo gracias a la construcción de las líneas equipotenciales, puesto que el campo es perpendicular a éstas, es decir, la dirección del campo eléctrico se define a través de las líneas equipotenciales.

un valor se codificaron estos datos y la aplicación los gráficos en dos dimensiones, esto muestra la región del espacio donde actúa el campo eléctrico y su intensidad.

En la parte inferior central de la ilustración número 5 se muestra el origen del pulso electromagnético, es decir, de allí parten las primeras líneas equipotenciales, que permiten conocer la diferencia de potencial sobre el espacio circundante al generador de alto voltaje. Posteriormente se muestran los vectores, siendo éstos la representación del crecimiento o decrecimiento del campo eléctrico; es importante mencionar que los vectores son perpendiculares a las líneas equipotenciales.

Por otra parte, en las ubicaciones de los bombillos led, se permite evidenciar cómo se produce la interferencia sobre estos, puesto que, en el origen parte un mayor potencial, por tanto, el vector de campo eléctrico diverge y su decrece su potencial durante la propagación del pulso, hasta encontrarse por su camino con los bombillos, donde se produce una diferencia de potencial respecto a la variación de potencial producida por el pulso, lo que permite que los bombillos se enciendan y se pueda tomar medidas del voltaje.

En última instancia se dispuso de los bombillos led que restaban, para este caso se distribuyeron concéntricamente los leds con un radio de 2cm. A esta distancia ya es totalmente imperceptible algún tipo de iluminación por parte del led, simplemente se reflejaba el destello de la descarga sobre estos, no obstante, se oscureció el laboratorio con el fin de evidenciar si se lograba encender alguno de estos, y como en la ocasión anterior, no es claro a que se debe la luz que se observaba en los leds.

	A4	G4	D1	D7
Voltaje(mV)	0.2	0.23	0.25	0.18
Corriente (mA)	-	-	-	-

Tabla 5. Intensidades de voltaje y corriente tercer anillo

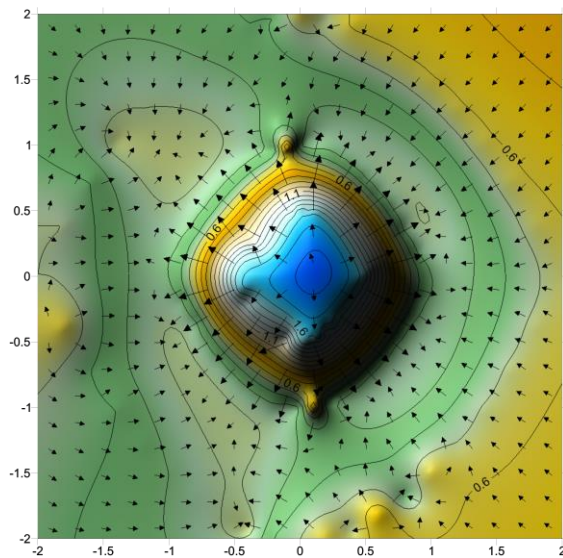


Ilustración 6. Líneas equipotenciales tercer anillo

La ilustración 6 muestra la representación de todas las mediciones realizadas, obteniendo que el pulso electromagnético en la región más próxima al origen de éste tiene una relación inversamente proporcional con el rango de acción y su intensidad, es decir, cuanto más alejado se encuentre el objeto de medición de la descarga electrostática menor será la intensidad de la interferencia.

No obstante, en las regiones alejadas del origen el pulso tiende a comportarse de manera poco predecible, pues, es posible afirmar que, no había ningún dispositivo o señal que pudiese afectar el montaje, sin embargo, en el costado izquierdo de la imagen se puede notar que hay un menor potencial en relación con el lado contrario.

En la ilustración número 7 se muestra una mayor uniformidad tanto de las líneas equipotenciales como los vectores del campo eléctrico, sin embargo, al igual que en la ilustración número 6 las regiones más alejadas del espacio no se comportan de la misma manera, teniendo cada costado respectivamente un mayor potencial y otro con menor potencial.

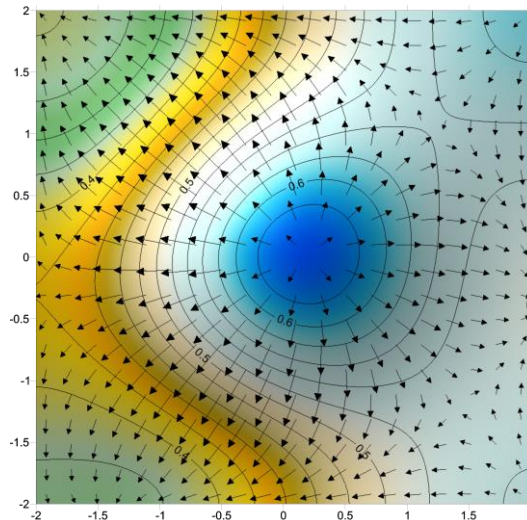


Ilustración 7. Líneas equipotencial sistema completo

Concluyendo, es posible afirmar que se puede caracterizar el campo eléctrico producido por el generador de alto voltaje, usando el multímetro y realizando las mediciones sobre los voltajes que se obtienen en diferentes ubicaciones del espacio circundante a la descarga, de manera que, se encontraron las siguientes relaciones:

- Para los bombillos que se encuentran ubicados en el mismo radio, independientemente de su dirección, se encontró que, el valor del voltaje es considerablemente similar, por ejemplo, en el primer anillo los valores de la diferencia de potencial son 1.6, 1.5, 1.4, 1.5, lo cual, indica que el voltaje en promedio es de 1.5
- Existe una relación entre las distancias que separan los bombillos del generador de alto voltaje, puesto que, cuanto más alejados se encuentren menor será la interferencia, así que es posible afirmar que, la distancia de la descarga al bombillo es inversamente proporcional a la interferencia.

2.4 Montaje experimental 2. Generador de alto voltaje vs calculadora

Recordando el trabajo realizado por (González Gachetá, 2018), el cual, se tomó como referente teórico y experimental, debido al interés de éste en caracterizar el campo electromagnético, razón por la que Gacheta usa una calculadora con el fin de interferirla con un generador de Vander Graf. Por ello se planteó un montaje experimental del mismo estilo, teniendo en cuenta los resultados experimentales obtenidos por González, que concluyen en una aleatoriedad del pulso electromagnético y su interferencia, es decir, en diversas partes del espacio en relación con su generador de pulsos, se produce interferencia, sin embargo,

realiza mediciones sobre su calculadora en un punto que se encuentra a un radio R del generador y encuentra perturbaciones en el dispositivo, si mueve la calculadora en cualquier dirección diferente de donde estaba y a una distancia R, es posible que no encuentre ninguna perturbación. A partir de esto se construye un montaje que permita evidenciar la aleatoriedad de la perturbación electromagnética

Para esta experiencia se dispuso del generador de alto voltaje de la misma manera que en el montaje experimental anterior, es decir, éste se encuentra ubicado perpendicularmente a un plano, el cual, tiene como característica diferentes radios, empezando desde 1 cm hasta 6 cm, como se muestra en la ilustración número 8, también se tienen en cuenta los radios donde se puede ubicar la calculadora para ser interferida, de modo que, las mediciones que se tomaron son al igual que en el primer montaje solo son en dos dimensiones, mostrando que la lámina es un plano donde ubicaró la calculadora.

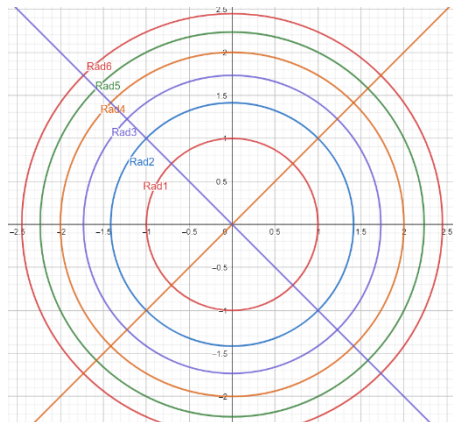


Ilustración 8. Organización de los radios y ángulos de la calculadora

Esto se realizó con el fin de tener una referencia clara en relación al campo, ya que, se colocó la calculadora en cada radio y en diferentes direcciones (45° , 90° , 135° , 180° , 235° , 270° , 315° , 360°); esto se hizo con la intención de interferir este dispositivo, lo cual, permite evidenciar la intensidad que puede tener el campo electromagnético en diferentes partes del espacio y como se producen sus efectos, es decir, la relación que tiene la interferencia electromagnética con diferentes distancias.

Características de la calculadora¹¹, se encontró que, la calculadora tiene una cualidad muy particular y es el blindaje que tiene debido a que se encuentra protegida con la compatibilidad electromagnética, sin embargo, fue posible interferirla. Cuando se habla de interferir la calculadora, se hace referencia a la acción que se puede percibir, ya que, la observación no se realiza sobre un multímetro (como en el primer montaje) o algún otro dispositivo que permita la detección, esto se hace analizando detalladamente la cantidad de reinicios de la calculadora, es decir, cada vez que se reinicia la pantalla “parpadea” cuanto más cerca este

¹¹ La calculadora usada es marca kadio, dentro de sus procesos solo se pueden realizar operaciones de aritmética y algunos ejercicios de potenciación, sin embargo, se encuentra protegida con la certificación de la compatibilidad electromagnética, lo que implica que no se puede interferir.

al foco mayor fue el número de parpadeos y esto da razón de la interferencia. Con cada reinicio no sólo se apagaba la pantalla, también, el proceso matemático que realiza la calculadora se reinicia.

Las mediciones obtenidas se muestran en la tabla número 6:

ángulos	radios					
	1 cm	2 cm	3cm	4cm	5cm	6cm
0 °	si	si	si	si	si	no
45°	si	si	si	si	si	no
90°	si	si	si	si	si	no
135°	si	si	si	si	si	no
180°	si	si	si	si	si	no
225°	si	si	si	si	si	no
270 °	si	si	si	si	si	no
315°	si	si	si	si	si	no
360°	si	si	si	si	si	no

Tabla 6. Interferencia sobre calculadora

En la tabla número 6 se puede evidenciar que, las perturbaciones producidas por el generador de alto voltaje partían desde el origen, es decir, desde el mismo dispositivo hasta aproximadamente 5.2 cm de radio. Se encontró que existe una proporcionalidad en relación con la distancia del foco, obteniendo que, cuanto más alejado se encuentre la calculadora del foco, menor será la intensidad de la interferencia.

A diferencia del trabajo realizado por el licenciado Gacheta, la perturbación que produce el generador de alto voltaje muestra una relación lineal, es decir, se produce una interferencia independientemente si se encuentra en una dirección de 0° o 135° (teniendo en cuenta que es el mismo radio).

Se puede evidenciar que se encontraron resultados diferentes a pesar de que ambos tratan de explicar los mismos fenómenos, generar descargas, pulsos electromagnéticos con el fin de interferir uno o varios dispositivos. Por ello es importante resaltar que la diferencia en los montajes experimentales radica en que González usa un generador de Van de Graff, el cual, producía interferencia hasta de un metro de longitud, por otra parte, el generador de alto voltaje no supera los 6cm como rango de acción, lo que permite ser constante en sus descargas electrostáticas y del mismo modo con los pulsos.

2.5 Montaje experimental 3. Lámina rotada

En esta ocasión se varió la disposición de los bombillos, es decir, en el montaje número 1 los leds estaban orientados de tal manera que, el cátodo y ánodo de cada bombillo estaban en dirección opuesta al generador de alto voltaje, recordando que, estos bombillos se encuentran en una lámina de madera y es posible que este material aisle los leds y disminuya la intensidad de la perturbación.

Así que, se rotó esta lamina de madera un ángulo de 180° , permitiendo que los cátodos y ánodos de cada bombillo se encuentren en la misma dirección del generador de alto voltaje (ver ilustración número 9). A efectos prácticos se presenta la siguiente hipótesis: como el aislante se encuentra en otra dirección, la perturbación puede verse incrementada.

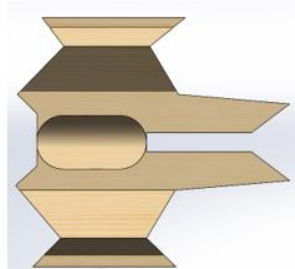


Ilustración 9. Rotación de los bombillos led

A partir de lo anterior se debe recordar que, los bombillos tienen la misma disposición en relación con la ubicación con la que cuentan, el primer anillo se encuentra a 0.5 cm de distancia del generador de alto voltaje y el segundo anillo a 1cm, el último anillo a 2cm. Se realizó el mismo procedimiento del primer montaje experimental y se encontró que:

En el caso del primer anillo, que se encuentra 0.5cm del generador de alto voltaje, la lámina de madera rotada 180° aumento alrededor de 10 veces la diferencia de potencial y la intensidad eléctrica tiene un aumento muy leve, sin embargo, tiene un incremento considerable, como se muestra en la tabla número 7

	c4	d3	d6	e4
Voltaje(mV)	17.5	15	16	15.5
Corriente (mA)	0.4	0.3	0.4	0.3

Tabla 7. Intensidades de voltaje y corriente tercer montaje

En la ilustración número 10, se realizaron filtraciones y correcciones, de manera que se puede evidenciar la propagación de una onda eléctrica, puesto que donde se encuentra la tonalidad azul, es el epicentro del pulso electromagnético que se transmite como una onda en el espacio, esta permitió la diferencia de potencial, al igual que con el primer montaje experimental, se muestran las líneas equipotenciales y los vectores del campo eléctrico, mostrando como divergen desde la descarga electrostática y parten de un mayor potencial hacia uno con menor potencial

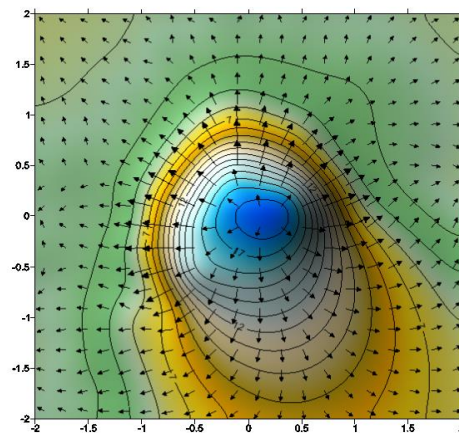


Ilustración 10. Líneas equipotenciales y relieve de la intensidad de la diferencia de potencial

	B2	B6	F2	F6
Voltaje(mV)	5	4.4	4	4.8
Corriente (mA)	0.30	0.2	0.2	0.2

Tabla 8. Intensidades de voltaje y corriente tercer montaje

Para el caso del segundo anillo (ver tabla 8), ubicado a 1cm del generador de alto voltaje, se encontró una relación muy parecida, no obstante, se registraron variaciones grandes en cuanto a la constancia en la diferencia de potencial, es decir, se encontraron registros desde 2.5 mV hasta 7 mV, en cada bombillo, por esta razón, se procedió a realizar la toma de cinco registros para promediarlos y encontrar un valor medio para cada led. En esta ocasión el aumento es alrededor de 15 veces en relación con el caso donde la lámina actuaba como aislante.

En el último anillo se ve reflejado el mismo efecto que se mencionó anteriormente, donde las variaciones en la diferencia de potencial son considerables, es decir, para cada bombillo se obtuvieron valores desde 1.2 mV hasta 5.5 mV, sin embargo, no fue posible obtener ninguna lectura por parte de la intensidad eléctrica.

	A4	G4	D1	D7
Voltaje(mV)	2	1.7	2.6	3.4
Corriente (mA)	-	-	-	-

Tabla 9. Intensidades de voltaje y corriente tercer anillo

Teniendo mediciones sobre los tres anillos y además volviendo a tomar 72 datos se obtuvo la ilustración número 11, gráfica que, en relación con las imágenes mostradas en el primer montaje experimental, es posible evidenciar mayor uniformidad en las líneas equipotenciales y los vectores de campo eléctrico

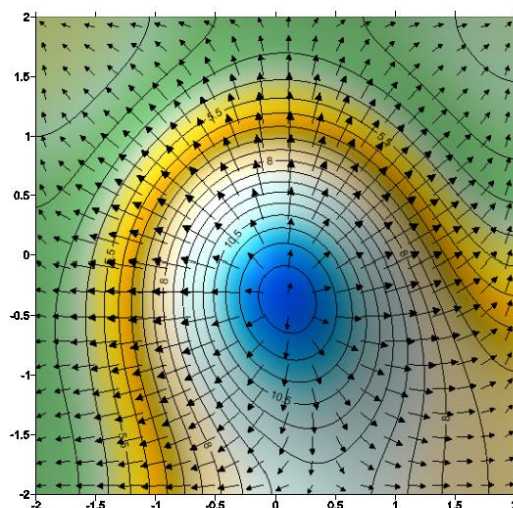


Ilustración 11. Líneas equipotenciales

De la misma manera que, en el primer montaje, se encontró que la interferencia producida sobre los bombillos led, puede encontrarse con un promedio para el radio independientemente de la dirección. Y cuanto más alejado se encuentre un led menor será la intensidad de la interferencia.

2.6 Montaje experimental 4. Generador de alto voltaje y el campo magnético

En este montaje experimental, se quiso evidenciar los efectos del campo magnético producido por el pulso, por esta razón, se dispusieron de cuatro brújulas de bolsillo, las cuales indican el norte, es bien sabido que campos electromagnéticos perturban la dirección de la brújula, por ello se plantea como hipótesis que se puede alterar el funcionamiento de una brújula con la descarga producida por el generador de alto voltaje.

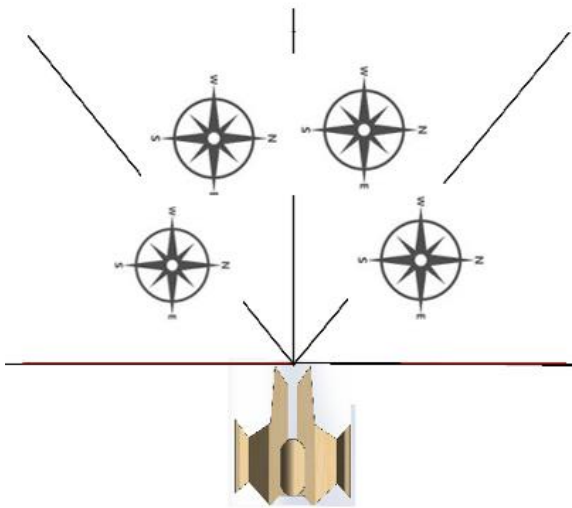


Ilustración 12. Distribución de brújulas

Por esta razón, se dispusieron de cuatro brújulas, dos de ellas ubicadas en el eje vertical donde se encuentran el cátodo y ánodo del generador de alto voltaje, cada una está a uno, dos y cuatro centímetros del origen; por otra parte, las otras dos brújulas se dispusieron a un radio de dos, cuatro y ocho centímetros del origen, con un ángulo de 45° , como se muestra en la ilustración número 12.

Cabe resaltar que todas las brújulas se encuentran a la misma altura del generador de alto voltaje, de tal manera que se encuentre lo más cerca posible. También se registraron datos con el multímetro a los bombillos led,

permitiendo conocer que si se realiza la interferencia.

En el primer caso se dispusieron las primeras cuatro brújulas de la siguiente manera:

En el momento que se acciona el pulso electromagnético, se encontró que no hubo ninguna perturbación por parte de las brújulas, sin embargo, se colocaron los demás arreglos experimentales con el fin de evidenciar alguna perturbación, lo cual no fue posible

	Eje vertical			45°
	brújula 1	brújula 2	brújula 3	brújula 4
1cm	no	no	no	no
2cm	no	no	no	no
4cm	no	no	no	no
8cm	no	no	no	no

Tabla 10. Interferencia sobre las brújulas

No obstante, se manipuló el arreglo experimental con tal de evidenciar alguna perturbación, se colocó la brújula número uno justo enfrente del generador de alto voltaje y tampoco fue posible encontrar alguna perturbación.

Esto permite generar las siguientes preguntas:

- ¿La intensidad del pulso electromagnético es mayor en el campo eléctrico que en el magnético?
- ¿Las brújulas no son lo suficientemente adecuadas para realizar este tipo de experimento?
- ¿La intensidad del campo magnético es muy baja?

2.7 Montaje experimental 5. Interferencia total

Este montaje hará uso del tercer arreglo experimental en relación con la orientación de los cátodos y ánodos, sin embargo, se realizó unos cambios en la estructura del arreglo, dispuso de un eje que puede rotar hasta 180° , este permite mover la lámina de madera donde se encuentran los bombillos leds, se quiere resaltar que se tomaron alrededor de 400 mediciones.

Se demarcaron nueve ángulos (-135° , -90° , -45° , 0° , 45° , 90° , 135° , 180°) esto permitiría evidenciar la influencia que tiene el campo electromagnético alrededor de el origen del pulso. De la misma manera que en el montaje anterior se dispuso de cuatro brújulas.

Como se muestra en la ilustración número 13.

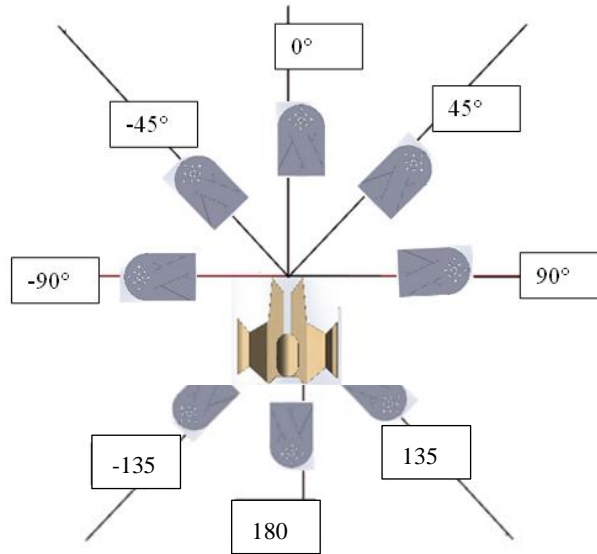


Ilustración 13. Distribución de la lámina de bombillos

Luego de haber ubicado la lámina con los respectivos bombillos se realizó la toma de medidas, con las cuales, se tuvieron en cuenta los grados mencionados anteriormente, sin embargo, como las medidas fueron simétricas en el sentido que las medidas tomadas el

costado derecho eran semejantes o muy parecidas a las del lado izquierdo, por ello, los ángulos de -45, 45, -90, 90 y -135, 135, se incluyen en una misma tabla respectivamente.

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	2.8	3.5	3	3
	Corriente (m A)	0.2	0.3	0.2	0.2
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	2.5	2.8	3.1	2.9
	Corriente (mA)	0.2	0.1	0.2	0.1
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2	3	1.9	3.1
	Corriente (mA)	0.2	0.2	0.3	-

Tabla 11. Ángulo de -45 y 45°

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	17.5	15	16	15.5
	Corriente (m A)	0.39	0.3	0.4	0.35
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	5	4.6	4.4	4.8
	Corriente (mA)	0.2	0.1	0.2	0.5
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2.62	3	2.5	3.1
	Corriente (mA)	0.2	0.2	0.3	-

Tabla 12. Ángulo de 180° y 0°

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	2.8	3.3	3	3
	Corriente (m A)	0.2	0.2	0.2	0.2
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	2.5	2.8	3	3
	Corriente (mA)	0.2	0.1	0.2	0.1
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2	3	2.2	3
	Corriente (mA)	0.2	0.2	0.3	-

Tabla 13. Ángulo de 90° y -90°

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	5	8	4	5
	Corriente (m A)	0.4	0.3	0.4	0.3
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6

	Voltaje(mV)	15	4.4	15	4.8
	Corriente (mA)	0.30	0.2	0,8	0.2
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2	1.7	17,5	3.4
	Corriente (mA)	-	1	1	-

Tabla 14. Ángulo de 135° y -135°

Se evidencia que la interferencia producida por la descarga electrostática no perturba con la misma intensidad a todos los bombillos, sin embargo, es posible afirmar que las ondas electromagnéticas producidas por los generadores de alto voltaje se superponen con las ondas generadas por la descarga electrostática, lo cual, genera una onda electromagnética de mayor intensidad, lo que produce un aumento en el voltaje y la intensidad eléctrica de los bombillos, este aumento se nota en el potencial que se encuentra cercano a los generadores

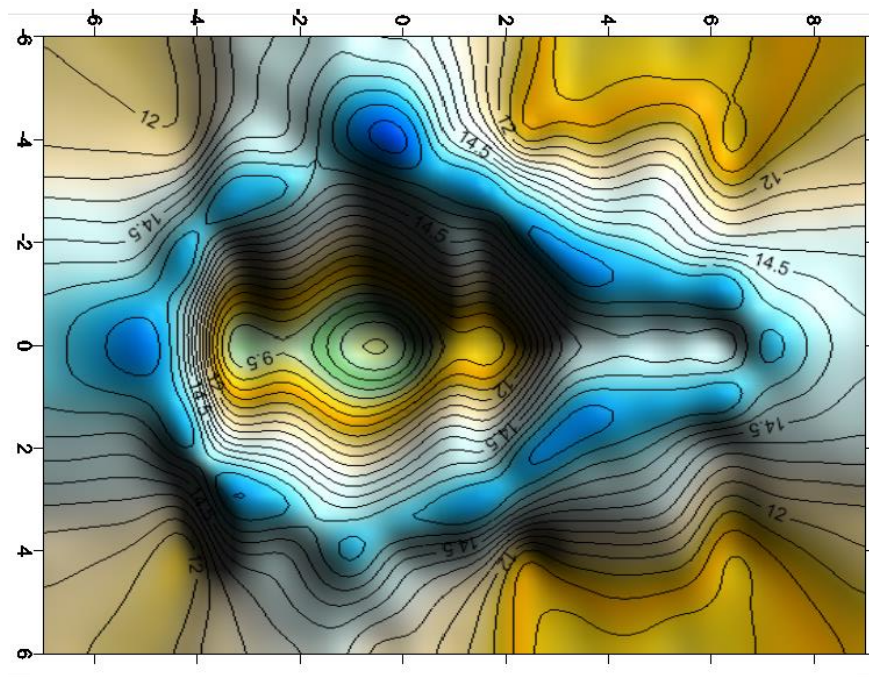


Ilustración 14. Líneas equipotenciales sistema completo

La ilustración número 14 muestra que los lugares demarcados con color azul son regiones del espacio con mayor potencial que se dirigen hacia lugares de menor intensidad, en donde se encuentran los bombillos que permiten realizar las mediciones, sin embargo, es posible afirmar que los generadores de alto voltaje perturban con una intensidad considerablemente alta como la descarga electrostática, por tanto, la zona azul al costado izquierdo muestra en la interferencia producida por el pulso electromagnético que se emite desde los generadores el otro extremo muestra la perturbación generada la descarga.

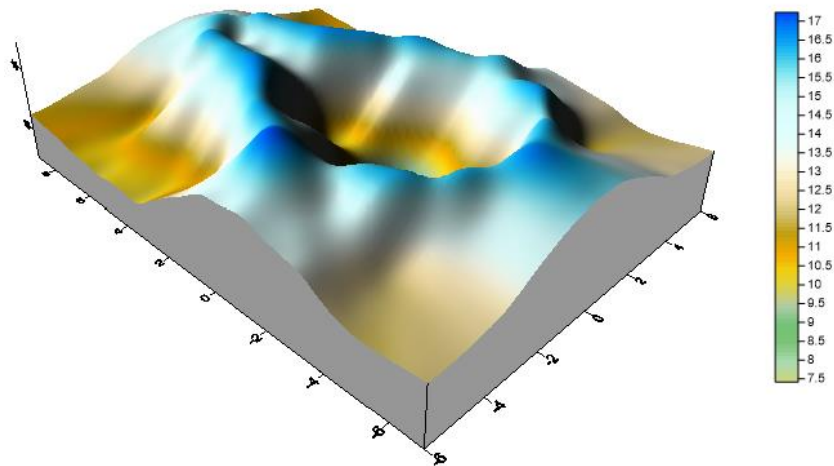


Ilustración 15. Relieve de la intensidad de la diferencia de potencial

La ilustración 15 permite observar las regiones del espacio donde la diferencia de potencial es mayor, puesto que son los lugares con mayor altura, es decir, cuanto mayor sea la altura en relación con el gráfico en 3D, mayor será la magnitud de la diferencia de potencial. A continuación, se procedió a distanciar la lámina de madera dos centímetros, y se hizo rotar en los ángulos que se mencionaron anteriormente.

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	2.8	3.3	3	3
	Corriente (m A)	-	-	-	-
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	3.6	1.6	1.4	1.8
	Corriente (mA)	0.2	0.1	0.2	0.1
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2.9	2.8	3	1.2
	Corriente (mA)	0.2	0.2	0.3	-

Tabla 14. Ángulo de 0°

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	2.8	2.2	2	2.5
	Corriente (m A)	0.2	0.2	0.2	0.2
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	2.5	1.8	2.8	1.2
	Corriente (mA)	-	-	-	-
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2	1.5		0.7
	Corriente (mA)	0.2	0.2	0.1	-

Tabla 15. ángulo -45° y 45°

Primer anillo	Ubicación	c4	d3	d6	e4
	Voltaje(mV)	2.4	3	2.3	2
	Corriente (m A)	0.1	0.4	0.2	0.1
Segundo anillo	Ubicación	B2	B6	F2	F6
	Voltaje(mV)	4	3.2	3.9	3.8
	Corriente (mA)	0.30	0.2	0.2	0.2
Tercer anillo	Ubicación	A4	G4	D1	D7
	Voltaje(mV)	2.4	2.5	7.2	1.5
	Corriente (mA)	-	-	0.65	-

Tabla 16. ángulo de 90°

Con el distanciamiento generado se puede observar que la intensidad disminuyó en todos los casos, esto puede significar que el campo electromagnético puede ser uniforme, teniendo en cuenta que se está viendo interferido por los generadores y la descarga electrostática

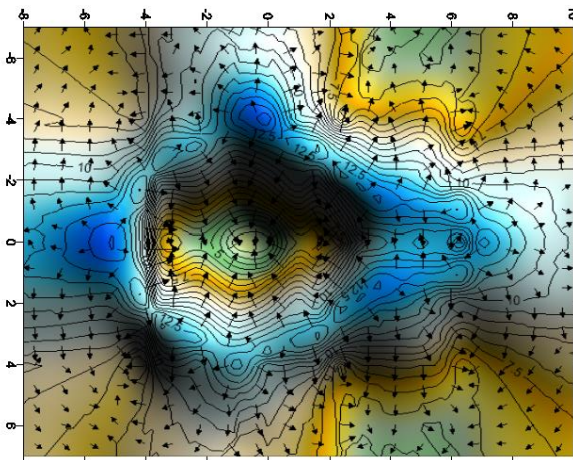


Ilustración 16. Líneas equipotenciales quinto montaje

Al alejar 2cm se puede evidenciar en la ilustración número 16 una disminución considerable en relación con la intensidad de la diferencia de potencial, sin embargo, se puede notar como se superpone la interferencia producida por la descarga electrostática con la generada por los generadores, puesto que la línea azul que se extiende de manera irregular, permitiendo observar una semicircunferencia y en el costado derecho un pico que da razón de la descarga electrostática, en ésta región, es donde se puede afirmar que se produce mayor interferencia.

2.8 Montaje experimental 6. Blindando de la interferencia

En este arreglo, se quiso mostrar los efectos que se producen al colocar una lámina de diferentes materiales entre el generador y los bombillos leds.

En primera instancia se dispusieron de los siguientes materiales: Lamina de madera de 1cm. Grosor, vidrio de 0,5cm de grosor, cerámica, lamina de hierro de 1mm, cuero, tapa de plástico, papel aluminio, lamina de madera de 0,3cm de grosor.

Todas las láminas tienen una altura y ancho de 15cm x 10cm, esto con la intención de cubrir únicamente los bombillos led. La lamina donde se encuentran los bombillos está a 2cm del generador, de tal manera que, todos los materiales cuenten con las mismas condiciones y poder evidenciar que material puede aislar o disminuir los efectos del pulso electromagnético.

Se inició midiendo el voltaje que generaban los bombillos del primer anillo, y el valor medio obtenido fue de 8mv, este pasó se realizó durante cada cambio de material, con el fin de mantener constante la intensidad del voltaje y evidenciar si se puede interferir el pulso.

voltaje (mV)	7	8	8	8
Ubicación	d3	e4	c4	d5

Tabla 15. Intensidades de voltaje y corriente

ANÁLISIS

Luego de experimentar con cada material se obtuvo que:

Ubicación	voltaje (mV)						
	libre	Hierro	Cerámica	Madera 0,3cm	Madera 1cm	Papel aluminio	Vidrio
d3	8	2	7	6	7	7	7
e4	8	1,5	7,5	8	8	7	8
c4	8	2	8	7	10	7	8
d5	8	2,2	9	8	8	8	9

Tabla 16. Intensidades de voltaje y corriente blindando con diferentes materiales

Se pudo evidenciar que dependiendo de los materiales que obstruyan la transmisión del pulso electromagnético, se verá afectada la interferencia producida por éste mismo, sin embargo, materiales no conductores como la madera de 1cm y 0.3 cm, vidrio y la cerámica, no produjeron ningún tipo de interferencia sobre el pulso a pesar de obstruir el camino.

La lámina de hierro permite reducir cuatro veces la intensidad de la interferencia producto de que es un material conductor y parte de la corriente en forma de onda electromagnética transmitida por el pulso, se distribuye por la lámina, es decir, la descarga cargó la lámina de hierro, por ende, el voltaje obtenido por el observador se reduce considerablemente.

Para llegar a este análisis no se realizó ninguna representación gráfica o didáctica que permitiera la visualización del fenómeno, y aquí, es donde se puede presentar dificultades a la hora de tratar el fenómeno de la interferencia, puesto que la no observación de algún esquema o gráfico dificulta la representación o idealización del pulso electromagnético. Por este motivo se quiere recordar que al inicio del presente documento se establece una serie de problemáticas que poseen los estudiantes universitarios con el aprendizaje del electromagnetismo, según (Agudelo & Méndez, 2019) se tiene en cuenta que las grandes dificultades a la hora de aprender electromagnetismo tienen que ver con que los objetos que se estudian: electrón, partículas en movimiento, flujo eléctrico, campo eléctrico, campo eléctrico. No son visibles y tampoco fácilmente representables, lo que conflictúa en gran medida su caracterización.

También expresan que la dificultad en el aprendizaje radica en la ausencia de experiencias o actividades prácticas, puesto que al contrario de la mecánica Newtoniana no es posible visualizar los fenómenos, es decir, si se quiere estudiar la caída libre, se debe tener en cuenta

un cuerpo puntual que permita caracterizar el evento, como el descenso a causa de una fuerza vertical (gravedad), de modo que la representación no es compleja y tampoco es ajena al sentido común. No obstante, para el electromagnetismo se pueden encontrar situaciones en las que el sentido común no es la regla, por ejemplo:

Así, a pesar de las limitaciones propias de los sentidos, a través de la experimentación es posible dar razón de fenómenos que para el sentido común se escapan, sin embargo, la experimentación o las actividades prácticas para el presente documento se vieron bajo la perspectiva fenomenológica, que permitió no solo que el experimento diera razón de una relación física, sino que el investigador o el estudiante fuera parte del mismo fenómeno.

“En primer lugar, señalamos que *fenómeno* y *sujeto* constituyen una unidad. No aceptamos el fenómeno como una realidad en sí misma, ni tampoco que la conciencia existe en sí misma: consideramos que hay una relación de doble vía entre ellas” (Sandoval, Malagon, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018)

De modo que, la actividad experimental permite superar límites naturales y entender cómo se comportan diferentes fenómenos, particularmente los eléctricos y magnéticos, asimismo, nos acerca a la comprensión de estos, así, el trabajo práctico como se realizó anteriormente permite dar razón de los siguientes fenómenos, descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

En este sentido, se tiene en cuenta el último montaje experimental con el que se evidencia que el uso de aplicaciones como Surfer, permiten caracterizar el fenómeno realizando actividades experimentales donde la recolección de medidas o información acerca del fenómeno, faciliten la representación y asimismo la conceptualización, dado que por condiciones propias del fenómeno, no es posible la visualización o determinación empírica desde los sentidos.

CAPÍTULO III. SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

3.1 La descarga eléctrica y su carácter electromagnético: identificando pulso, campos e interferencias electromagnéticas a través de actividades experimentales

Esta guía de aprendizaje y enseñanza se desarrolla con el fin de proporcionar a 22 estudiantes de la licenciatura en física de la Universidad Pedagógica Nacional, actividades experimentales diseñadas para acercarse a diferentes conceptos del electromagnetismo: las descargas electroestáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Se realizó esta secuencia desde una perspectiva fenomenológica, en la cual, el estudiante es el actor principal en relación con las experiencias que está adquiriendo con un determinado fenómeno físico, teniendo en cuenta que, el fenómeno en cuestión son las interferencias electromagnéticas; éstas no se pueden interpretar como un objeto de estudio independiente del estudiante, es decir, las experiencias obtenidas por el estudiante deben proporcionar una reflexión propia del sujeto.

Aquí el estudiante cumple un rol activo en la construcción, producción, descripción y análisis de las interferencias electromagnéticas, por este motivo la realización de este documento se basa en el desarrollo de cinco niveles de estudio, en los que se secuencian las actividades desde un nivel de menor complejidad a uno con mayor nivel de complejidad, los cuales, se caracterizan basándose en una perspectiva constructivista.

Esta secuencia de enseñanza y aprendizaje pretende que el estudiante construya sus propios aprendizajes a partir de las experiencias y las reflexiones que puede obtener de ellas, sin embargo, estos procesos de aprendizaje se realizan con una serie de pasos encadenados que permiten guiar al estudiante con el fin de obtener métodos de organización e integración de ideas, es importante mencionar que esta serie de pasos deben ser meticulosamente organizados y estructurados, para que el sujeto no encuentre vacíos conceptuales y esto lo lleve a desviarse del punto central del área de estudio (Ortiz Granja, 2015).

Cuando se menciona lo meticuloso y organizado que debe ser el documento, se refiere a los procesos que se encuentran implícitos en la guía, es decir, los contenidos dentro de la misma no son iguales y tampoco se puede pensar que los niveles tienen el mismo grado de complejidad, por esta razón, el constructivismo permite que el estudiante genere sus propios conocimientos a través de las reflexiones, no obstante, es de gran importancia mencionar el trabajo docente como acompañante del proceso de aprendizaje; aunque el estudiante es quien construye sus conocimientos el docente debe estar apoyando y guiando las diferentes experiencias que puede realizar el sujeto.

3.2 Estructura de los niveles

A continuación se definen las características que tienen los niveles de estudio, donde el primer nivel es introductorio, en el cual, se reconocen los aspectos necesarios para desarrollar la secuencia de enseñanza y aprendizaje, el segundo nivel se contempla el eje de conceptualización, es decir, ya conoce como se compone un circuito básico y puede construir uno más complejo como el generador de alto voltaje, de esta forma puede encontrar relaciones entre la potencia de la descarga electrostática y el voltaje, intensidad de corriente y resistencia eléctrica, de la misma manera reconoce como se produce una descarga electrostática.

El tercer nivel se caracteriza por la posibilidad de interferir diferentes frecuencias mediante un pulso electromagnético, sin embargo, la observación de este fenómeno denota la complejidad de este mismo y sugiere la importancia de usar más bases conceptuales como las ondas electromagnéticas, campos electromagnéticos y pulsos. A partir de esto, el cuarto nivel prioriza la fundamentación de las interferencias como una onda electromagnética que puede interferir además de señales electromagnéticas, diferentes dispositivos. Como último nivel se plantea que la reflexión acerca de los niveles antecesores permita relacionar las experiencias y construir a través de ellas las hipótesis acerca de los fenómenos como el pulso, campo electromagnético, onda electromagnética, emisión y recepción de señales o detección.

De esta manera los cinco niveles que se mencionaron anteriormente parten desde un estado de baja complejidad y a medida que el estudiante aumenta o pasa de nivel, se incrementa paulatinamente la dificultad en los temas relacionados con las descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

3.2 Organización del proceso de trabajo en el aula

Para la distribución del trabajo en el aula se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de organización, estructura y complejidad, que definen el proceso de estudio que llevarán los estudiantes en su secuencia de aprendizaje, y que se ha dividido por niveles de complejidad, todo esto con el fin de que el estudiante tenga una conceptualización del fenómeno.

- Como primer criterio se estableció que el estudiante debe ser inmerso en un proceso introductorio de conceptualización e ideas iniciales de los estudiantes, en el cual, se abordarán los temas de estudio, a partir de información básica que se consulta en fuentes bibliográficas, videos y textos de divulgación científica.
- En el segundo criterio, se encuentra el trabajo práctico o experimental que realiza el estudiante, en este punto es donde se realizan las experiencias que pretenden ser reflexionadas para que el estudiante construya sus propios conocimientos en relación con los fenómenos que observa, las preguntas que surgen de esa etapa introductoria y donde además empieza a identificar variables, relaciones entre variables y fortalece los procesos de conceptualización.

- El tercer criterio parte de que el estudiante ha reflexionado sobre las experiencias y conocimientos adquiridos en la relación teoría-práctica y de esta manera puede generar argumentos con los cuales puede realizar discusiones con sus compañeros.

Estos criterios permiten que el estudiante pueda relacionarse con el área de estudio y se aproxime a las nociones básicas de conceptos en electromagnetismo, desarrollen trabajo práctico o experimental y, por último, comuniquen y socialicen las ideas científicas. La organización de estos aspectos puede permitir que el estudiante reflexione acerca de sus experiencias prácticas y lo relacione con la teoría.

- En los objetivos de enseñanza y aprendizaje, se especifica los conceptos o teorías que se abordarán en los diferentes niveles, que van del más simple al más complejo y en los que se secuencian las actividades propuestas para el aula.
- En la descripción detalla, se hacen explícitos los temas que se abordarán en cada nivel y el papel del estudiante es claro en relación con las acciones que van a realizar en la práctica experimental.

Teniendo en cuenta el contenido del documento solo se hará énfasis en la estructura de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, el trabajo de la secuencia se dejará como un **ANEXO** que estará al final de este documento.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN

En esta parte del trabajo de investigación se realiza un análisis de datos cualitativos que consiste en realizar la descripción del proceso de implementación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje. Se utiliza la información que los estudiantes consignaron a partir de las bitácoras o cuadernos de trabajo en las cuales dieron respuesta a las preguntas formuladas en las guías para la clase, describieron las vivencias y los resultados obtenidos a través del trabajo experimental y documentaron los procesos a partir de imágenes.

De esta manera, se procede a organizar los datos: respuestas a las preguntas formuladas, vivencias, resultados del trabajo experimental, etc. a través de tablas que resumen la información para el análisis.

Para realizar el análisis se tuvo en cuenta identificar las siguientes características:

- Si lo mencionado tiene coherencia, es decir, si las afirmaciones se corresponden con el trabajo experimental o tienen alguna fuente de información que argumente sus afirmaciones.
- Si se realizan afirmaciones incongruentes, con el desarrollo teórico que se ha dado a través de la actividad.
- Se contemplan las hipótesis y desarrollos conceptuales que se pueden generar a través de la experimentación.
- Se tendrán en cuenta las afirmaciones que carezcan de argumentación y no sean claras o no den razón de la pregunta problema.

4.1 Primer nivel. Construyendo un potenciómetro en el aula:

En este apartado se realizará la construcción de un potenciómetro que permita a los estudiantes generar relaciones y diferencias entre los conceptos de: voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas se abordarán las siguientes preguntas:

- ¿Si se aumenta la resistencia eléctrica en el circuito, cambia la intensidad eléctrica por la diferencia de potencial?
- ¿Qué pasaría si en un circuito se desconecta el cable de poder?
- ¿Qué pasaría si en un circuito eléctrico se conectan los cables con la misma polaridad?
- ¿A través de qué elementos de un circuito circula la corriente eléctrica?
- ¿Cambia la intensidad lumínica del bombillo al mover el alambre?, y si cambia, ¿a qué se debe?

Con las que se pretende evidenciar un avance significativo en el acercamiento a la concepción de los conceptos de voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostática.

4.2 Primera. Segunda y tercera sesión de la implementación

En la primera y segunda sesión se llevó a cabo el desarrollo del primer nivel de la guía de enseñanza y aprendizaje, por lo cual, el trabajo práctico se desarrolló por completo empezando por la introducción del experimento a realizar, donde se pudo evidenciar que los estudiantes mostraron la falta de experiencias relacionadas con el área del electromagnetismo, sin embargo, la profesora a cargo del curso ya había realizado algunas experiencias prácticas que facilitaron el uso de los dispositivos para la clase, de esta manera se pudo observar que, tenían bastante temor de manipular los dispositivos o incluso los cables conectores.

De modo que, se evidenció que los estudiantes desconocían algunos conceptos necesarios para realizar la conceptualización de voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostáticas. Particularmente los sujetos no conocían la relación entre la diferencia de potencial con la intensidad eléctrica, como tampoco entendían el papel de la resistencia.

La construcción del potenciómetro permitió a los estudiantes conocer la direccionalidad de la corriente, debido a que algunos estudiantes se cuestionaban cuál es la diferencia entre el cable rojo o negro que se conecta a la fuente y luego hace parte de la composición del circuito, de esta manera se acercaron al concepto de intensidad eléctrica y voltaje, debido a que el cable rojo es conectado a la fuente por donde se encuentra la salida de la corriente eléctrica, la cual, recorre todo el circuito y para completarlo, éste debe estar cerrado, es decir, conectado al polo negativo de la fuente. Por lo tanto, la diferencia de potencial se encontraba desde el cable rojo que tenía un potencial alto permitiendo el paso de la corriente y el cable negro con un potencial bajo, donde se cerraba el circuito.

Aquí, los estudiantes encontraron la relación entre el voltaje y la direccionalidad de la corriente eléctrica, sin embargo, tenían dudas en relación con el concepto de intensidad eléctrica y sobre el papel del grafito en el experimento.

Las dudas se generaban a partir del uso del multímetro, debido a que, las lecturas del voltaje daban un valor constante en cualquier punto del circuito, por lo cual, era claro que, la diferencia de potencial no cambia a pesar de tener diferentes láminas de grafito, por otra parte, la intensidad eléctrica cambiaba dependiendo de la lámina de grafito, si éste era de la denominación H, proporcionaba mayor resistencia y los efectos lumínicos se afectaban considerablemente, sin embargo, la denominación B, generaba efectos muy poco apreciables al ojo humano, debido a la poca resistencia que posee.

Para este momento los estudiantes ya habían construido el potenciómetro o estaban terminando la construcción de éste, no obstante, se cuestionaban cuál era el trabajo del grafito debido a que es de difícil manipulación, por su fragilidad que posee. Al momento que todos culminaron la construcción del potenciómetro encontraron que al mover el alambre de cobre sobre el grafito había perturbaciones en el funcionamiento del bombillo.

Antes de continuar es necesario aclarar que el grafito con el que contaban la mayoría de los estudiantes fue proveído por el docente en formación, por lo cual, no todos los grafitos eran

iguales en relación con la marca del lápiz o la composición de la mina. De modo que, los resultados experimentales de cada grupo no serían los mismos. Debido a que en algunos grupos que usaron lápices con mina 2b en la construcción del potenciómetro encontraron que la intensidad lumínica del bombillo no cambia considerablemente en todo el ancho del grafito, es decir, cuando acercaban el alambre al cable conector del bombillo, prestaban bastante atención a la intensidad de la luz y a medida que iban moviendo el alambre notaban que no había diferencias en relación con la primera medida, luego de mover el alambre hasta su extremo no encontraron diferencias notables.

Por otra parte, los grupos que contaban con la mina 2h encontraron que los efectos producidos por ésta eran bastante notorios, es decir, para la primera medida colocaron el cable justo en el conector que va al bombillo y lo iban alejando de éste, encontrando que cuanto más se alejaba el alambre era notable la disminución de la intensidad lumínica que producía el bombillo, hasta el punto de que no era visible algún tipo de luz emitida por el bombillo.

Allí los estudiantes relacionaron la longitud del grafito con la resistencia eléctrica, debido a que, cuanto mayor fuera la distancia del grafito mayor sería la resistencia, asimismo relacionaron la intensidad eléctrica, cuanto mayor sea la resistencia menor será la intensidad eléctrica.

Posteriormente encontraron que, utilizando un multímetro era posible conocer el valor de la diferencia de potencial, el cual, en cualquier parte del circuito iba a ser la misma, dado que la fuente muestra el voltaje que se utiliza, los estudiantes pudieron comparar la salida de voltaje de la fuente con la tensión que había en cualquier otro punto, así concluyeron que, la diferencia de potencial en todo el circuito es la misma independientemente de la ubicación del alambre sobre el grafito.

Por otra parte, para la intensidad eléctrica encontraron que variaba, y concluyeron que la variación se daba al momento de mover el alambre sobre el grafito, encontrando que al alejarlo del cable que va al bombillo, la intensidad eléctrica disminuye y cuando se acerca aumenta, generando la relación ya mencionada anteriormente, cuanto mayor sea la distancia del grafito, menor será la intensidad eléctrica.

Síntesis de las respuestas de los estudiantes.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Si se aumenta la resistencia eléctrica en el circuito, cambia la intensidad eléctrica o la diferencia de potencial?	Grupo 1	Lo único que cambia en el circuito en este caso es la intensidad eléctrica debido a la resistencia, involucramos la longitud donde se cierra el circuito en la mina de grafito, podemos incluso afirmar que: La longitud del punto de contacto en la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad eléctrica que circula por ella.
	Grupo 2	Al aumentar la resistencia la intensidad eléctrica disminuye, ya que, al medir la corriente con el multímetro, a medida que la corriente tenía que pasar por una mayor longitud de grafito, esta decreció entre más longitud.

	Grupo 3	Al aumentar la resistencia eléctrica del circuito se pudo observar que la intensidad eléctrica no disminuye, incluso utilizando otro grafito diferente al que teníamos en el montaje. Con este otro grafito se pudo ver que la intensidad eléctrica era la misma, puesto que el bombillo alumbraba con igual intensidad que con el grafito usado en un primer momento.
	Grupo 4	Si se aumenta la resistencia eléctrica cambia la intensidad eléctrica, debido a que la resistencia se opone al paso de los electrones (Intensidad eléctrica), por ende, podemos decir que son inversamente proporcionales

Tabla 17. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y a la variación de la resistencia eléctrica

Los estudiantes dan razón de algunas ideas en relación con el aumento de la resistencia eléctrica en el circuito y la variación de la intensidad eléctrica: Se coincide con que la intensidad eléctrica cambia a causa de la resistencia, ya que éstas son inversamente proporcionales (G1, G2 y G4). *“La longitud del punto de contacto en la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad eléctrica que circula por ella.”*

Por el contrario, G3 afirma que la intensidad eléctrica no disminuye, porque incluso cambiando el grafito, es decir, aumentando la resistencia eléctrica y tomando mediciones visuales sobre la intensidad lumínica del bombillo, se obtiene que es la misma intensidad a pesar de cambiar de grafito.

Por otra parte, en los espacios de discusión y socialización los grupos llegaron a un consenso en el que reconocen el actuar de la intensidad eléctrica como el flujo de corriente eléctrica, y lo relacionan con la resistencia eléctrica, puesto que esta es aquella que se opone al paso de la corriente eléctrica, por lo tanto, los grupos afirman que es posible la oposición del paso de corriente eléctrica en la mina del lápiz. Sin embargo, se puede afirmar que la medición por medio de un instrumento como los ojos puede no ser del todo acertado, puesto que no es una medida objetiva, se hubiera podido usar un multímetro con el fin de determinar la intensidad eléctrica sobre el grafito o incluso sobre el bombillo.

Esto muestra que la experimentación permitió a los grupos identificar el actuar de la intensidad eléctrica y asimismo el de la resistencia eléctrica.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué pasaría si en un circuito se desconecta el cable de poder?	Grupo 1	Al tener un circuito en serie y desconectar el cable de poder el circuito queda abierto, por lo tanto, el voltaje es nulo, no hay diferencia de potencial, por medio de la resistencia no circula energía y la corriente, por lo tanto, es igual a cero.
	Grupo 2	El cable de poder es por el cual los electrones fluyen a través de un conductor (normalmente un cable de metal, generalmente de cobre) que sale de la fuente, esto permite que exista un circuito eléctrico, por ende, si no pasa corriente (ya que no está conectado el cable de poder) no hay un circuito.
	Grupo 3	Al desconectar el cable de poder se corta todo tipo de corriente que llegue a este, pero este mismo quedará por unos instantes cargado y así perderá la carga eléctrica y ya tiempo después quedará totalmente descargado el

		circuito. Si en un circuito se pierde el contacto con el cable de poder, el flujo de corriente se interrumpe, el circuito se rompe.
	Grupo 4	Ya no habría fuente de electrones, por ende, el circuito no funcionará, y por ejemplo en el caso del experimento, la bombilla ya no se encendería.

Tabla 18. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro sobre la ausencia de cable de poder

Los estudiantes tienen ideas acerca de la diferencia de potencial, por ello reconocen que, al abrir el circuito, la tensión sería la misma en cualquier parte de éste, por lo tanto, no se permite el flujo de energía eléctrica necesaria para que el potenciómetro funcione G1, y asimismo no se puedan notar los fenómenos eléctricos como el calentamiento del grafito y la variación en la luminosidad *“el circuito queda abierto, por lo tanto, el voltaje es nulo, no hay diferencia de potencial”*

Se puede afirmar que, G2 y G3 no reconocen las diferencias que hay entre el voltaje y la corriente eléctrica en un circuito, asimismo la relación que estos tienen, puesto que la corriente puede circular por un conductor que posea una diferencia de potencial.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué pasaría si en un circuito eléctrico se conectan los cables con la misma polaridad y potencia?	Grupo 1	La corriente eléctrica fluye desde el terminal positivo al terminal negativo de la fuente de corriente continua. La inversión de la polaridad de una fuente de alimentación siempre conducirá a un cambio en la dirección de la corriente. Sin embargo, la magnitud de la corriente será la misma. Si el circuito se conectara con la misma polaridad sería imposible un flujo de corriente eléctrica.
	Grupo 2	Se produciría un cortocircuito, el contacto directo entre los dos cables hace que la resistencia baje a cero y por ende la corriente aumente drásticamente generando la característica chispa de la alta energía por el flujo de corriente.
	Grupo 3	Al tener dos cables conectados al mismo polo, no pasaría nada ya que va a tierra, mientras que si son de polaridad diferente causaría un corto circuito. Por ejemplo, al tener dos baterías conectadas en paralelo deben tener tanto el mismo voltaje como la misma polaridad para que así funcione y su duración sea mayor,
	Grupo 4	Dependiendo de la polaridad podrían ocurrir 2 escenarios. Si se conectan 2 cables con polaridad positiva, estaríamos hablando de 2 fuentes de electrones, lo cual generaría una sobrecarga que se representa en forma de un corto. Si se conectan 2 cables con polaridad negativa, el circuito no funcionaría, pues no habría flujo de electrones. ya que los dos son polos a tierra

Tabla 19. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y la relación entre la diferencia de potencial sobre el circuito

Los grupos G1 y G4 identificaron que, si se conectan dos cables con la misma potencia no se produciría ningún efecto, debido a que no hay diferencia de potencial, sin embargo, G1 menciona que: *“Si el circuito se conectara con la misma polaridad sería imposible un flujo de corriente eléctrica”*. Esto muestra que interpreta la polaridad como lo mismo que la potencia, es decir, como si fueran sinónimos.

Por otra parte, los grupos G2 y G3 interpretaron que, al tener dos cables con la misma polaridad, existe un fenómeno de corto circuito o chispa, sin embargo, no es claro si todos

entienden el corto circuito como la ruptura de un conductor, quemándolo y convirtiéndose en una resistencia que impediría el paso de corriente, por otra parte, pueden entender el corto circuito como la chispa generada a través de la diferencia de potencial.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿A través de qué elementos de un circuito se propaga la corriente eléctrica?	Grupo 1	La fuente de alimentación es la parte del circuito donde se produce la electricidad, manteniendo una diferencia de tensión entre sus extremos. En los elementos de un circuito, la corriente eléctrica circula por los cables principales, que normalmente son de cobre por sus propiedades conductoras, en este caso también circula por la resistencia, pero con menos potencia; también circula por el bombillo, produciendo energía lumínica y finalmente se cierra el circuito, que en este caso sería en un extremo en la fuente de alimentación.
	Grupo 2	A través de todos, todos los materiales reciben carga, pero el flujo no se verá afectado en aquellos con alta conductividad como es el alambre de cobre o las conexiones del circuito con la fuente, en la resistencia también fluye, pero como su nombre lo dice se resiste en cierto valor al paso de la corriente. Hay materiales que no poseen la misma propiedad conductiva como es la lámina de madera esta nos permite aislar el circuito de influencias externas.
	Grupo 3	Generador: Dónde se genera la electricidad. Cables Caimán: Eran los conductores, por donde pasaba la electricidad, estos además contaban con aislación en su parte externa para prevenir el paso de electrones por la persona que manipulara el circuito. Cable Cobre: Igual que los cables caimanes funcionan como conductores. Mina de grafito: Funcionaba como resistencia, se opone al paso de electrones, para disminuir la intensidad eléctrica, esto para regular el paso de electrones y evitar que algún componente se funda, en este caso en particular el bombillo. Bombilla: Recibe la energía eléctrica y la convierte en energía lumínica y térmica
	Grupo 4	En el laboratorio del potenciómetro se evidenció que la corriente eléctrica circula por los diferentes materiales utilizados, ya sea los alambres de cobre, el grafito que fue usado como resistencia, los tornillos porque en una ocasión se conectaron los cables cocodrilos a estos a ver si de estos podría llegar la corriente al alambre y prender el bombillo y también mediante los cables cocodrilo que estaban conectados a la fuente directamente.

Tabla 20. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y el medio de propagación de la corriente eléctrica

Para responder la pregunta G1 menciona que, la fuente de alimentación es aquella encargada de producir la electricidad, sin embargo, no es clara la afirmación, puesto que manifiesta “en este caso también circula por la resistencia, pero con menos potencia”, es decir, no diferencia el actuar del voltaje con la corriente eléctrica

Por otra parte, los estudiantes dan razón de que por todo elemento por el que pasa corriente eléctrica, hace parte del circuito. Particularmente reconocen que el grafito cumple con la función de ser un material con propiedades poco conductivas, es decir, una resistencia que disminuye la intensidad de la corriente eléctrica.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Cambia la intensidad lumínica del bombillo al mover el alambre?, y si cambia, ¿a qué se debe?	Grupo 1	Si, la intensidad lumínica cambia si movemos el alambre en la resistencia, de hecho, nuestro grupo tuvo un tipo de grafito más grueso, lo que provocaba menos intensidad del bombillo a comparación de los otros grupos de compañeros. ¿Y a qué se debe? Al actuar el grafito como una resistencia provoca un menor flujo de corriente, así que llega menos de la resistencia a la bombilla, aquí lo importante es que si ponemos el alambre al extremo de la resistencia la intensidad lumínica es la menor, y si la ponemos más cerca del otro alambre aumenta esta intensidad, lo que tiene sentido ya que los electrones deben recorrer mayor distancia en el grafito si se coloca en el extremo
	Grupo 2	Si cambia, entre más resistencia que en este caso es la longitud del grafito, la luz era más leve, y se debe a la disminución de intensidad eléctrica, al haber menos longitud, las cargas se mueven menos en el grafito y fluyen con más facilidad, por eso con la longitud mínima de grafito, la intensidad en el bombillo es máxima.
	Grupo 3	La intensidad lumínica de la bombilla no cambiaba al mover el cobre, esto debido a que el grafito que usamos como resistencia, no tenía la suficiente resistencia eléctrica para que se apreciará un cambio notable en esta intensidad, mientras que, si se analizaba la intensidad eléctrica, si podíamos ver un pequeño cambio.
	Grupo 4	La intensidad luminosa del bombillo al mover el alambre cambia ya que puede haber irregularidades en el grafito, ya que al cortar un lápiz a la mitad para hacer visible el grafito puede que no esté parejo y que haga menos contacto con el cobre para que este siga la corriente y prenda el bombillo.

Tabla 21. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción del potenciómetro y la relación entre resistencia e intensidad lumínica

Todos los grupos lograron reconocer el papel del grafito y las acciones sobre la intensidad eléctrica y en consecuencia de ello con la intensidad lumínica, puesto que, los grupos 1, 2 y 4 concuerdan en que la intensidad lumínica sí cambia al mover el alambre, ya sea por el ancho, la longitud o la presencia de irregularidades en el grafito. En cambio, el grupo 3 afirma que la intensidad lumínica no cambiaba, ya que el grafito no tenía suficiente resistencia eléctrica como para evidenciar un gran cambio.

Por otro lado, G1 identifica el papel del grafito como un material que disminuye la intensidad eléctrica, sin embargo, encontraron en su trabajo que el lápiz usado poseía un coeficiente bajo de resistividad, debido a que no era posible evidenciar algún cambio “así que llega menos de la resistencia a la bombilla”. Esta conclusión se genera gracias a los espacios de discusión y dialogo, puesto que al relacionar el montaje experimental propio del grupo con sus pares encontraron las diferencias entre las minas y sus propiedades.

Para finalizar el primer nivel es necesario tener en cuenta el objetivo de éste mismo, diferenciar los conceptos de voltaje, intensidad eléctrica, y la resistencia eléctrica, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostática. A partir de esto, se puede afirmar que los grupos G2, G3 y G4, encontraron dificultades para diferenciar el actuar del voltaje y la intensidad eléctrica, sin embargo, identifican con dificultad el rol de la resistencia en un circuito.

4.3 Segundo nivel. Construcción de un generador de descargas electrostáticas, circuito para generar interferencia eléctrica:

En este apartado se abordarán las siguientes preguntas:

- ¿Qué es y cómo se puede producir la interferencia?
- ¿Qué pasaría con la calculadora si la descarga electrostática es tan intensa como un rayo?
- ¿La intensidad de la descarga es homogénea en cualquier parte?
- ¿Cómo se puede tener datos sobre la interferencia producida?
- ¿Por qué medio se propaga la descarga electrostática?
- ¿Qué pasaría si se aumenta la diferencia de potencial?

En relación con estas preguntas se pretende que los estudiantes establezcan relaciones entre diferentes variables (diferencia de potencial, intensidad y resistencia eléctrica) con el fin de proponer una hipótesis sobre cómo se produce una descarga electrostática, e identifica que, con mayor diferencia de potencial, mayor será la descarga electrostática.

4.4 Cuarta, quinta y sexta sesión

En esta ocasión los estudiantes se dispusieron a construir el “Interceptor”, el cual, se constituía de un generador de alto voltaje y en dos grupos se utilizaron dos generadores, lo que aumentaba al doble la intensidad eléctrica, para esto, los estudiantes realizaron lo siguiente:



Ilustración 17. Montaje proporcionado por el tercer grupo

trabajando en la actividad.”

“Luego de tener la base, proseguimos a hacer la instalación con los demás materiales guiándonos del montaje de muestra. En la base de madera con ayuda de cinta aislante, fueron colocados los capacitores, debemos tener en cuenta de que los capacitores tienen dos cables por los cuales pasa la corriente, uno rojo y uno verde, (los cuales son muy importantes de conectar correctamente para no causar accidentes, el cable rojo se conecta con el cable rojo

“Inicialmente, para poder construir nuestro interceptor, dentro del espacio académico fue necesario recibir distintas instrucciones por parte del estudiante de último semestre, el cual está a cargo de dicha actividad para su trabajo de tesis, luego de una breve inducción sobre los riesgos que esto conlleva. Posterior a esto construimos nuestra base de madera fuera del espacio académico, esta estaba hecha en forma de auto, y debía ser llevada la próxima sesión para seguir

y el cable verde debe ser conectado con el cable negro.) estos serán puestos en contacto con los cables banana caimán que provienen del generador.”

Luego de haber puesto los capacitores en su lugar, adherimos a los cables que salen por la parte delantera de los capacitores alambre de cobre y los sellamos con cinta aislante para prevenir accidentes, luego de haber hecho esto, los dos alambres de cobre se colocan a lo largo de la base y son puestos a una distancia prudente (no mayor a 1 cm).”

Luego de haber hecho todo el montaje correctamente y seguir las instrucciones del docente, se empieza a hacer las debidas mediciones en la base de madera, poniendo la calculadora sobre ésta misma y realizando marcas que permitan reconocer la distancia de la chispa a la calculadora.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué es y cómo se puede producir la interferencia?	Grupo 1	La interferencia se conoce como un fenómeno de diferentes ondas que se afectan entre sí. Dicha acción genera que el movimiento inicial aumente su intensidad, disminuya o cese completamente. ¿Qué es la interferencia electromagnética? Es la irrupción o perturbación que una fuente externa, sea natural o artificial, ejerce sobre un circuito eléctrico. Según el experimento realizado en las clases, se puede observar como la calculadora es la que ocasiona la perturbación que genera un efecto inicial aumenta o disminuye (se enciende o se apaga). Otro efecto que notamos gracias a una calculadora que dos días anteriormente dejó de funcionar (Se apago), volvimos a acercarnos a la calculadora al circuito y encendió de nuevo.
	Grupo 2	Se produce una interferencia, ya que se genera un campo electromagnético producido por el flujo de electrones que pasa por el circuito, el cual, al interactuar con la calculadora, hace que los electrones dentro del circuito (que se comportan como ondas) se superponen en el movimiento de los electrones de la calculadora, por lo que algunas crestas y valles coinciden, logrando así que las ondas se cancelan o se sumen y se refleja en el momento en que la calculadora titila
	Grupo 3	El circuito está conectado a la fuente de poder a un determinado voltaje, este circuito genera un campo eléctrico suficientemente alto capaz de crear un canal conductor en el ambiente, en este caso el aire, eventualmente se genera una descarga que actúa sobre un objeto cercano, en este caso la calculadora.
	Grupo 4	Esto puede suceder por que el generador al pasar el voltaje y la corriente hacia los electrodos ellos pueden recibir una alta potencia y una baja potencial el cual forman un fenómeno entre ellos formando un resultante de mayor, menor o igual amplitud, este genera que aumente la intensidad, disminuya o case completamente.

Tabla 22. Respuestas de los estudiantes al proceso de construcción de un generador de descargas electroestáticas

Los estudiantes muestran ideas acerca del fenómeno de la interferencia electromagnética, el cual, lleva a que en este caso la actividad de la calculadora cese o sea perturbada por completo. G1 genera algunas definiciones acerca de lo que se conoce como interferencia, no obstante, no aclara cuál es la acción que genera el movimiento o cuál es el movimiento al que se refieren, también afirman que “se puede observar como la calculadora es la que

ocasiona la perturbación que genera un efecto inicial aumenta o disminuye (se enciende o se apaga”, hecho que va en contra vía a los montajes experimentales, puesto que la función de la calculadora es hacer cálculos matemáticos y no generar interferencia, acción que si es ocasionada por la descarga electrostática.

También G2 mencionan algunos conceptos como el campo electromagnético puede generar ondas y estas se cancelen o se sumen, de modo que, se realicen efectos en la calculadora, no obstante, el contenido de la presente guía no pretende abordar efectos cuánticos para la explicación del fenómeno, sin embargo, no es claro cómo el flujo de electrones de un circuito interfiere la calculadora.

G3 sostiene que el campo crea un canal conductor en el ambiente que genera una descarga que se transmite por el aire hasta la calculadora, lo que, podría pensarse como la explicación desde una organización conceptual con el orden de los fenómenos, es decir, entienden que un campo con suficiente diferencia de potencial crea un puente conductor con el que la corriente eléctrica produce interferencia sobre la calculadora.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué pasaría con la calculadora si la descarga electrostática es tan intensa como un rayo?	Grupo 1	El capacitor no puede resistir esta clase de corrientes tan elevadas, suponiendo que tenemos un capacitor que genere esa corriente tan grande, lo que esperamos que pase es que la distancia a la que deja de producirse la interferencia sea mucho mayor. La alta intensidad de corriente se filtra por el aire y afecta directamente la pantalla de la calculadora que funciona con impulsos eléctricos internos.
	Grupo 2	Primero hay que tener en cuenta que la descarga generada por los capacitores es de apenas 500 mil voltios y 5 AMP mientras que la descarga producida por el rayo es de 100 millones de voltios y 200 mil amperios, por lo que el rayo proporciona un voltaje 200 veces mayor y un amperaje 40 mil veces mayor En el momento en el que cae el rayo, este liberara un gran voltaje sobre la calculadora, que es tan grande, como para hacer que los circuitos se fundan, las baterías se sobrecarguen para que luego, por la energía calorífica producida por el rayo, la carcasa de la calculadora se derrita completamente por los 30.000 °C
	Grupo 3	Funde el sistema de la calculadora científica, esto lo comprobamos cuando la acercamos demasiado por error e incrementamos al máximo la intensidad eléctrica. Esto paso al incrementar considerablemente la intensidad eléctrica, al ser un rayo intuyo que la intensidad eléctrica debe ser abismalmente mayor que la obtenida en este experimento, entonces destruiría la calculadora al ser un rayo de mayor intensidad eléctrica, si la intensidad eléctrica es menor simplemente jugara con la calculadora de manera que cambiara los valores mostrados en pantalla al hacer un cálculo (variando el resultado a 0).
	Grupo 4	Para saber esta respuesta, primero vamos a saber por qué se causa el rayo. el rayo se genera por la emisión de la luz, causada por el paso de corriente eléctrica que ioniza las moléculas de aire. Si solo la descarga electrostática genera daños después de varias pruebas con el objeto o disfunciones en los circuitos integrados, un rayo puede generar daños inmediatos ya que su corriente eléctrica es mucha más alta y potente para así una disfunción de más poder y daño total.

Tabla 23. Respuestas de los estudiantes al proceso de relacionar la descarga electrostática como un fenómeno natural y artificial

Los estudiantes presentan algunas ideas en relación con la descarga: Qué la descarga se produce no por la alta diferencia de potencial entre las placas del capacitor sino por la alta intensidad de corriente (G1). Las unidades en las cuáles se habla de la descarga eléctrica son simultáneamente Voltios y Amperios, y además señalan que la descarga libera un gran voltaje sobre la calculadora (G2).

Es posible afirmar que los grupos identifican la acción de la descarga electrostática, puesto que, los radios de acción dependen de la intensidad y potencia a la que se encuentre la descarga. Es decir, que los estudiantes relacionan un voltaje mayor con la acción que podría producir un rayo, es decir, para generar daños sobre un objeto, en este caso, la calculadora, lo que permite evidenciar es la interferencia electromagnética a través de la descarga electrostática

Estas ideas muestran que no hay una separación entre las magnitudes corriente eléctrica y voltaje, pues las usan como sinónimos. Sin embargo, G4, manifiesta como se produce el rayo y genera una relación entre éste y la chispa del generador, mostrando como se pueden establecer ideas acerca de qué es una descarga electrostática y en dónde se puede observar.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿La intensidad de la descarga es homogénea en cualquier parte?	Grupo 1	No. La intensidad de la corriente en la fuente era baja del orden de 1.5 amperios. Mientras que la corriente que salía del capacitor era mucho mayor del orden de 15000 a 20000 amperios. En la calculadora al ver que a una distancia en específico ya no le sucede nada, sugiere que la intensidad de la descarga es inversamente proporcional a la distancia que separa al generador de la calculadora
	Grupo 2	Si, ya que el aire al estar ionizado (sobrecargado) y los otros materiales que conforman el circuito al ser buenos conductores eléctricos, la intensidad eléctrica de la descarga permanece prácticamente homogénea, porque el cambio que se presenta es muy ínfimo
	Grupo 3	A medida que los objetos a interferir se alejan de los electrodos la intensidad de la descarga disminuye, es decir que la intensidad no es homogénea. La intensidad de la descarga eléctrica es inversamente proporcional a la distancia que hay entre los electrodos y en el objeto a interferir, que en este caso es una calculadora
	Grupo 4	En nuestro proceso de experimentación, logramos evidenciar que la intensidad de descarga viene siendo igual u homogénea en cualquier parte, ya que desde que comenzamos a transmitir esta hacia los extremos de cobre, vemos que, si llegamos a tocar algún extremo de las pinzas o el mismo cobre, este nos transmitirá esta cantidad de carga.

Tabla 24. Respuestas de los estudiantes al producir y describir la descarga electrostática

G2 y G4 manifiestan que la intensidad si es homogénea, debido a la relación inversamente proporcional existente entre la intensidad de la descarga y la distancia que hay entre el generador y la calculadora, es decir, los grupos afirman que cuanto más lejos se encuentre la calculadora del interceptor, menor será la descarga, por tanto, la variación de la intensidad de la interferencia da razón de un campo no homogéneo.

Por el contrario, los otros G1 y G3 sostienen que no es homogénea; relacionando el aire ionizado y los materiales conductores de electricidad, y la manera en que los conductores se conecten, el cobre de éstos se transmite con la misma intensidad a una determinada distancia entre cátodos, al cambiar la longitud afirman que se varía la intensidad eléctrica, mostrando que estos grupos entendían como no homogéneo el sistema o circuito, sin embargo, el campo de acción de la descarga electroestática no es precisamente sobre el mismo circuito, sino sobre el espacio circundante al interceptor.

Entienden que cuando se habla de homogeneidad de la intensidad de la descarga, esta ocurre sobre el circuito y el interior de las conexiones. Y se refieren a la corriente que pasa en cualquier punto del circuito. (G2 y G4), en esta pregunta se puede evidenciar que quizá el cuestionamiento no fue claro y los estudiantes no identificaron que cuando se hace referencia a “¿La intensidad de la descarga es homogénea en cualquier parte?”, nos referimos a la intensidad de la descarga y sus alrededores, en ese sentido los alrededores serían aquellos en los que se genera la interferencia.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Cómo se puede tener datos sobre la interferencia producida?	Grupo 1	Observando a que distancia se produce la interferencia. Al alejar la calculadora del rayo formado por la resistencia del aire, la intensidad que recibe la calculadora es menor ya que entre más tenga que propagarse por el aire, este se va a resistir a su paso hasta un punto en el que no le pasara nada a la calculadora. Hacer estas observaciones nos puede dar información si variamos la distancia de separación del cobre y variando el ángulo de alejamiento de la calculadora. Con una corriente de la fuente de 1.5 amperios y el capacitor generando más de 15000 amperios a una distancia de separación de un centímetro de cero a nueve centímetros la calculadora se apagaba. La corriente era tan intensa que los impulsos eléctricos que hacían funcionar la calculadora se veían muy interferidos por el campo generado en la corriente. Mientras que, entre nueve y once centímetros, se produce una interferencia en la calculadora, debido a que la intensidad de la corriente que se filtra ya no es tan fuerte y en la interferencia entre ondas unas se anulan y otras se aumentan. Después de once centímetros la corriente era tan débil que no afectaba la calculadora.
	Grupo 2	A Partir de una descarga que siempre mantenga un voltaje y corriente constante, para así probar con distintos tipos de calculadoras y por medio del soporte Móvil construido, situar las calculadoras a diferentes distancias para obtener datos de acuerdo de los efectos que se evidencien, (interferencia o se apaga la calculadora)
	Grupo 3	Hay tres posibles estados físicos al momento de realizar la interferencia, que la calculadora no responda a la descarga, que la calculadora parpadee y que la calculadora se apague durante la descarga eléctrica. La idea es medir y clasificar la intensidad eléctrica de la interferencia en función de la distancia entre el objeto y los electrodos. A menor distancia esté la calculadora de los electrodos mayor será la intensidad de la interferencia, a tal punto que la chispa de la descarga eléctrica produzca que la calculadora se apague.

	Grupo 4	Al realizar diferentes pruebas con nuestro interceptor, logramos evidenciar que entre mayor distancia entre este y nuestra calculadora, hay menos interferencia, y entre menos distancia, habrá aún más interferencia. Teniendo esto en cuenta, procedimos a marcar diferentes distancias en este para identificar cada cuanto hay más o menos interferencia, esto lo realizamos por medio de una regla donde fuimos marcando cada centímetro e ir probando con diferentes distancias, además de esto, probamos cambiando la distancia de separación entre los dos electrodos (ambos extremos del alambre), y de esta manera, obtuvimos diferentes datos los cuales nos permitieron identificar diferentes interferencias a diferentes distancia
--	---------	--

Tabla 25. Respuestas de los estudiantes para modelar o describir la interferencia eléctrica producida por el generador

Todos los grupos coinciden con lo mismo, el método es poner la calculadora a diferentes distancias de los electrodos y así obtener información a partir de los efectos que se generen. Todos afirman que, a mayor distancia, menor será la intensidad de la interferencia; y a menor distancia, mayor interferencia. No obstante, solo un grupo da razón del fenómeno que permite explicar cómo se produce la interferencia la intensidad de ésta; el cual, afirman “se produce una interferencia en la calculadora, debido a que la intensidad de la corriente que se filtra ya no es tan fuerte y en la interferencia entre ondas unas se anulan y otras se aumentan. Después de once centímetros la corriente era tan débil que no afectaba la calculadora.”

Es importante resaltar que se empieza a pensar más en ondas electromagnéticas que se propagan por un medio, sin embargo, no es claro cuál es y tampoco cómo lo hace, no obstante, se logró identificar que se propaga a través del espacio y que éste no es homogéneo y tiene un rango de acción determinado, dependiendo de la capacidad del generador de alto voltaje.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Por qué medio se propaga la descarga electrostática?	Grupo 1	Por el aire se propaga la descarga. Al momento de abrir el circuito, la corriente se filtra por el aire y a pesar de que la mayoría sigue la trayectoria hacia el cobre metiéndose nuevamente al circuito, una parte se filtra en el aire circundante y es el que ocasiona los efectos en la calculadora. También la descarga al ser por pulsos varía el campo que genera ondas que se propagan en el espacio
	Grupo 2	La descarga electrostática se propaga por el aire ionizado, los capacitores, el alambre de cobre, los cables banana-caimán y el generador
	Grupo 3	El aire se ioniza debido a la pérdida de electrones en sus moléculas, este se vuelve susceptible al campo eléctrico generado por el circuito a un determinado voltaje donde la corriente fluye a través de los electrodos.
	Grupo 4	La descarga electrostática se propaga por el medio ambiente, ya que esta descarga la hacemos a través de nuestros alambres de cobre y pasando por el medio ambiente, lo que causa este efecto de estática y lograr apagar la calculadora.

Tabla 26. Respuestas de los estudiantes al proceso de caracterizar el espacio circundante a la descarga

G1 muestra una hipótesis acerca de cómo es el proceso de interferencia, sin embargo, no aclara como se produce la perturbación a través de la corriente eléctrica que se escapa del circuito y como se puede relacionar con las ondas.

G2 y G3 manifiestan que el medio de propagación es el aire, gracias a la ionización de éste, sin embargo, no se aclara qué es exactamente el proceso de la ionización, por otra parte, G4 también menciona que el aire es el medio, no obstante, no especifica cómo o porqué.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué pasaría si se aumenta la diferencia de potencial?	Grupo 1	Al aumentar el voltaje del capacitor lo único que cambia es el tiempo en el que este se carga, ya que la corriente que genera el capacitor tiene un límite. Si se aumenta mucho el voltaje del capacitor se destruiría al no poder almacenar tanta energía.
	Grupo 2	Posiblemente, los generadores de alto voltaje se fundan, generando una pequeña explosión, ya que estos tienen un voltaje y corriente máxima, los cuales no pueden sobrepasar o se dañaran. El campo eléctrico aumentará su intensidad debido a un mayor paso de electrones y se denotará una mayor pérdida de energía en forma de calor.
	Grupo 3	El campo eléctrico alrededor de los electrodos aumentaría capaz de aumentar los efectos de la descarga eléctrica. Si aumentamos el voltaje en la fuente lo que sucede es que el generador de alto voltaje multiplica varias veces el voltaje que se le está suministrando por lo que la diferencia de potencial es bastante alta, en nuestro caso ya que teníamos dos generadores la potencia es mayor, y entonces si aumentáramos ese voltaje, así como el flujo de corriente, resultara en una gran descarga eléctrica que provoca mucho ruido y afecta bastante la calculadora con la que hacíamos los experimentos.
	Grupo 4	Al afectar el diferencial de potencial, esto significa que variamos dos diferentes distancias, en nuestro caso, la distancia de los dos electrodos a la calculadora, y, la distancia de separación de nuestros dos electrodos, ya que sabemos que nuestro diferencial de potencial depende de la cantidad de energía y separación que hay, por lo tanto, al variar lo anteriormente nombrado, puede disminuir o aumentar esta diferencia de potencial. En el caso en que se aumente, sabremos que nuestra carga se está alejando.

Tabla 27. Respuestas de los estudiantes al relacionar la diferencia de potencial con la interferencia

Los grupos lograron identificar que, al aumentar la diferencia de potencial, podría generarse daños sobre el generador de alto voltaje, sin embargo, el aumento no sería considerablemente grande como para estropearlo, no obstante, Los grupos G1, G2 y G3 están de acuerdo con que, al aumentar mucho el voltaje, es probable que el generador se dañe, ya que este tiene un límite de corriente y voltaje que no deben sobrepasarse. También al aumentar la potencia del generador, se aumentaría el voltaje de salida, es decir, la descarga electrostática contaría con mayor potencia, lo cual, se interpretó como mayor interferencia a la hora de experimentar con la calculadora y el rango de acción de la perturbación.

Teniendo en cuenta el objetivo del segundo nivel, Realiza relaciones con los diferentes conceptos, con el fin de proponer una hipótesis sobre cómo se produce una descarga electrostática, identifica que, con mayor diferencia de potencial, mayor será la descarga electrostática. Es posible afirmar que, identificaron la siguiente relación la intensidad de la descarga es inversamente proporcional a la distancia que separa al generador de la calculadora

4.5 Tercer nivel. Generador de descargas electrostáticas VS radio

En este apartado se abordarán las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede producir la interferencia?
- ¿Se transfiere la interferencia desde la descarga electrostática hasta el radio?, si es así, ¿cómo?
- ¿Hasta qué distancia puede producir interferencia el generador al radio?
- ¿Qué pasaría si la descarga electrostática fuera continua y no a pulsos?

Con las que se pretende evidenciar un avance significativo en la identificación de las descargas electrostáticas que permiten la producción de interferencia electromagnética, la cual, perturba diferentes dispositivos o señales.

Reconoce la descarga electrostática como un fenómeno eléctrico complejo, que necesita más conceptos para comprenderlo (ondas electromagnéticas, campos electromagnéticos y pulsos)

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Se transfiere la interferencia desde la descarga electrostática hasta el radio?, si es así, ¿cómo?	Grupo 1	No, se transmite, pues lo que se transmiten son ondas. Las descargas que genera el interceptor generan ondas electromagnéticas que viajan por el aire hasta ser captadas por la radio, que funciona como receptor. Estas se superponen con otras ondas que está captando el radio. Esto se puede evidenciar en cómo cambiaba el sonido que emite la radio.
	Grupo 2	No, la transferencia no se transmite ni se propaga. El radio capta ondas electromagnéticas, en el interceptor se genera una distorsión del espacio que puede entenderse como un campo electromagnético. Luego esta interferencia se debe a configurar la frecuencia de radio para que coincida con la frecuencia de las ondas generadas en el interceptor.
	Grupo 3	El voltaje (V) y la corriente (I) nos ofrecen una analogía a la pregunta, debido a que cuando los electrodos se separan, el capacitor se carga más, podríamos responder que sí, porque la descarga genera ciertas ondas que llegan fácilmente al radio, él las percibe de manera susceptible.
	Grupo 4	Para esta respuesta vamos a tener en cuenta la energía que trasporta el interceptor al radio por medio de ondas, esto genera la interferencia que se le genera al radio para que se corte la señal por medio de perturbaciones que recibe el radio interfiriendo la frecuencia que tenemos y cortándola por completo, esta chispa también nos genere una señal de descarga eléctrica que realiza la misma perturbación con la energía, haciendo que se genera la interferencia en nuestra señal del radio.

Tabla 28. Respuestas de los estudiantes respecto al modo de generar interferencia a través del medio

En esta pregunta los G1 y G2 realizaron la diferenciación entre dos conceptos que pueden ser ambiguos, la transferencia o transmisión, lo cual, lo entienden como la propagación de las ondas electromagnéticas “vamos a tener en cuenta la energía que trasporta el interceptor al

radio por medio de ondas, esto genera la interferencia que se le genera al radio para que se corte la señal por medio de perturbaciones que recibe el radio” G4, es decir, desde que se produce la descarga hasta que perturba el radio.

G1 y G2, utilizan el término de transmisión puesto que es debido a la propagación de la perturbación que se escucha diferente el radio, no obstante, los G3 y G4 entienden que la interferencia se debe a la transferencia o transporte de señales o energías “tener en cuenta la energía que transporta el interceptor al radio por medio de ondas, esto genera la interferencia que se le genera al radio para que se corte la señal por medio de perturbaciones que recibe el radio interfiriendo la frecuencia que tenemos y cortándola por completo”

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Hasta qué distancia puede producir interferencia el generador al radio?	Grupo 1	Las ondas que generaba el capacitor lograban interferir el radio (que tenía una frecuencia de 1000 kHz), hasta los 5 metros y medio, esto con una corriente de 3 amperios y un voltaje de 2 voltios y solo si no había obstáculos, los cuales afectarán la trayectoria de las ondas. Cuando se ponen objetos como maletas, estas afectan y no se presenta la interferencia. Además, no era necesario que el capacitor estuviera en frente del radio, desde cualquier ángulo estas interferencias se presentaban.
	Grupo 2	Con solo un generador de energía, la interferencia se produce hasta alrededor de un metro de distancia radial ya que no solo era en una dirección., Al estar tan alejado del campo generado por el interceptor, si lo llegaba a percibir era indetectable.
	Grupo 3	No tomamos medidas, ya que la distancia de interferencia de nuestro generador era muy grande, puesto que, al activar el generador, interferíamos la radio AM de las mesas circundantes, se pusieron implementos e incluso personas de por medio y aún se seguía percibiendo el ruido emitido por el radio, generado por el circuito, este tenía más acción de interferencia, no sabríamos una medida exacta de la distancia a la que se puede producir esta interferencia, pero “atravesaba objetos con facilidad, es decir, las ondas de la radio no se veían distorsionadas por la distancia, pues si interponíamos algo entre el generador y el radio, la interferencia buscaba la forma de llegar desde el generador al radio, se pudo observar que como el radio era más susceptible a estas interferencias entre la frecuencia 1000 y 1100 KHz, entonces la distancia a la que se puede perder esta interferencia, debe ser grande y alejada del sistema al objeto a analizar
	Grupo 4	Con nuestro interceptor la perturbación se dio a una distancia máxima de 1 metro en la frecuencia de onda de 1.100 Kilo Hertz, de ahí en adelante las frecuencias de onda de nuestro radio no se vieron perturbadas por las ondas que enviaba el generador, también creíamos que se debe a que nuestro radio era pequeño y de pila entonces por tener tan limitada la energía no tenía gran capacidad de recepción de estas ondas

Tabla 29. Respuestas de los estudiantes al estudiar el rango de acción del pulso

G1 y G2 manifiestan que la interferencia producida por la descarga electrostática no tenía un único sentido, es decir, entiende que el pulso producido se propaga por el espacio de forma radial, por otra parte, G3 encuentra que la descarga produce ondas y además de ello éstas no se ven interferidas por objetos que se interponen en su camino, aquí surge una pregunta y es ¿el grupo pensó en una onda mecánica que necesita de un medio para propagarse (como el sonido en el aire)?

También, los grupos encontraron que la interferencia depende de que tan intensa es la descarga electrostática, por esto, para grupos con varios generadores de alto voltaje, las mediciones del rango de acción eran superior a los 5 metros, por otra parte, evidenciaron que cuanto más lejos estuviera el radio menor sería la acción de la interferencia, asimismo encontraron una relación entre el espacio que separa el interceptor del radio y los objetos que se pueden hallar entre las distancias, lo que permitió mostrar la siguiente relación “atravesaba objetos con facilidad, es decir, las ondas de la radio no se veían distorsionadas por la distancia, pues si interponíamos algo entre el generador y el radio, la interferencia buscaba la forma de llegar desde el generador al radio”.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Qué pasaría si la descarga electrostática fuera continua y no a pulsos?	Grupo 1	La descarga al ser por pulsos generaba una interferencia discontinua, había períodos cortos donde el radio volvía a funcionar correctamente, en el hipotético caso de que la descarga fuera continua, esto haría que la interferencia sea continua, por ende, mientras el interceptor estuviera generando descargas, el radio no funcionará correctamente en ningún momento.
	Grupo 2	No se verían variaciones, los impulsos hacen variar el campo circundante, al estar constante, el campo también sería constante, luego no habría interferencia
	Grupo 3	En base a los experimentos realizados en el aula logramos identificar un “pitido” al iniciar a tomar las mediciones, al no haber salido aún el pulso, este se hacía más perceptible cuando se acercaba el radio AM, pues este generaba una especie de amplificación a dichos pitidos, esto cambiaba a la hora de que los pulsos se hicieran visibles, ya que se empezaba a notar una interferencia (escuchábamos ruidos extraños, como cuando no hay señal). Por lo que llegamos a la conclusión que, si la descarga es continua, existiría una especie de pitido constante o tal vez un poco más apreciable.
	Grupo 4	En el experimento la interferencia se daba por “golpes” que se relacionan con los pulsos de la descarga eléctrica en el interceptor, si fuera continua la interferencia sería un sonido ininterrumpido, pues igualmente se produce una transferencia de energía que interfieren la señal de radio a través de ondas electromagnéticas.

Tabla 30. Respuestas de los estudiantes al estudio de las descargas electrostáticas como pulso

G1, G2 y G3 generan hipótesis sobre como el pulso electromagnético puede transformar su naturaleza y dejar de funcionar en cortos intervalos de tiempo, aumentando el tiempo de

emisión, por ello, afirman que la interferencia se volvería constante o de por si no habría puesto que no existirían cambios de frecuencia.

Teniendo en cuenta el objetivo del tercer nivel, se puede afirmar que los estudiantes identifican que la descarga electrostática produce interferencia electromagnética, la cual, perturba diferentes dispositivos o señales. Reconoce la descarga electrostática como un fenómeno eléctrico complejo, en el que se producen diferentes fenómenos como el pulso electromagnético, la interferencia, onda electromagnética, también, reconoce el actuar de la chispa y genera hipótesis sobre como produce interferencias sobre el radio teniendo en cuenta los conceptos que se mencionaron anteriormente.

4.6 Cuarto nivel. Generador de descargas electrostáticas VS Bombillos led

En este apartado se abordarán las siguientes preguntas:

- ¿La producción de una descarga electrostática permite distorsionar el espacio circundante al interceptor?
- ¿La intensidad de la interferencia en cualquier punto del espacio es la misma?
- ¿Las mediciones sobre cada bombillo permiten generar ideas acerca del campo?
- ¿Cómo se puede relacionar el concepto de campo con una onda electromagnética?

Con las que se pretende evidenciar un avance significativo en reconocer los siguientes conceptos: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿La producción de una descarga electrostática permite distorsionar el espacio circundante al generador?	Grupo 1	Al hablar acerca del espacio circundante, se puede entender este en la práctica como el aire, el interceptor y sus componentes electrónicos, donde la descarga únicamente distorsiona el aire que hay entre los dos cobres, aquí el aire al ser cargado eléctricamente, las partículas de este son alteradas hasta el punto en que se ionizan.
	Grupo 2	Si lo distorsiona. Al momento de usar un led conectado a un multímetro para medir la diferencia de potencial, este nunca era nulo a una distancia menor a 10 centímetros aproximadamente. Esta diferencia de potencial percibida es generada por la perturbación del espacio gracias a la descarga electrostática. También se pudo observar que la distancia de separación del cobre era directamente proporcional a la distorsión del espacio. Es decir, entre más distancia se separaba el cobre, mayor diferencia de potencial se percibió en el led a una misma distancia de separación.

	Grupo 3	Al momento de una descarga electrostática del interceptor es notorio sus efectos alrededor, como en el caso del radio que perturba el espacio e interfiere con las señales de radio en cierta frecuencia, aunque en el bombillo no podemos percibir una interferencia sonora, un efecto que notamos es que hay un leve encendido en la luz red, o cuando usamos el multímetro notamos un voltaje, o sea que efectivamente perturba el espacio circundante porque permite que haya una diferencia de potencial entre el interceptor y la luz red, y que se hace más notoria cuando estamos más cerca de la descarga.
	Grupo 4	Como pudimos evidenciar en nuestro experimento, en cada descarga producida evidenciamos una distorsión en el espacio alrededor de esta, ya que al momento de comprobar con nuestro bombillo y radio vemos que: En el radio vemos que la frecuencia que recibe es modificada e interferida por las descargas producidas por nuestro interceptor. Ahora respecto a nuestro bombillo, vemos ciertas modificaciones en el voltaje el cual evidenciamos con nuestro multímetro, ya que este no alcanza a encender.

Tabla 31. Respuestas de los estudiantes respecto a la interferencia sobre el medio

Aquí todos los grupos afirman que la descarga distorsiona el espacio y se refieren a la interferencia como la perturbación sobre el bombillo y del mismo modo se entiende que se generan una distorsión en el espacio cuando se produce la descarga, puesto que la chispa se encarga ionizar el aire G1 “se puede entender este en la práctica como el aire, el interceptor y sus componentes electrónicos, donde la descarga únicamente distorsiona el aire que hay entre los dos cobres, aquí el aire al ser cargado eléctricamente, las partículas de este son alteradas hasta el punto en que se ionizan.”

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿La intensidad de la interferencia en cualquier punto del espacio es la misma?	Grupo 1	No, aunque se presenta interferencia, la cual es medida gracias al bombillo con ayuda del multímetro, este permite observar cómo a medida que se aleja el bombillo led del emisor (descarga), la interferencia o perturbación se hace cada vez más pequeña hasta ser imperceptible. Esto se debe a que, entre más alejado de la fuente, interactúa con más ondas que se encuentran en el ambiente, como la de la luz.
	Grupo 2	La distorsión del espacio es más intensa entre más cerca está el led del generador. Algunos bombillos incluso llegaba a prenderlos debido a la intensidad del campo en una corta distancia. Pero a medida que se alejaba la percepción de la interferencia era cada vez menor, después de 10 centímetros no se percibía interferencia alguna.
	Grupo 3	En el momento que realizábamos el experimento de la red y observamos con el multímetro, notábamos que el voltaje cambiaba en diferentes puntos del espacio, y como mencionamos en el punto anterior, el voltaje aumentaba cada vez que estábamos más cerca al interceptor y disminuye si estamos más lejos, podemos decir que esta interferencia es inversamente proporcional a la distancia. Refiriéndonos a la pregunta con el experimento podemos inferir que efectivamente la intensidad varía en cada punto del espacio circundante al interceptor y entre más lejos estemos de este, menor será la

		interferencia, además de añadir que las medidas que el multímetro nos ofrecía era que no es homogéneo, porque los pulsos son asimétricos.
	Grupo 4	Como pudimos evidenciar en la variación de distancia y ángulos el voltaje es mayor con respecto a 0 grados del interceptor, al ir variando el ángulo podíamos ir evidenciando que entre mayor fuera el ángulo al que colocáramos nuestro bombillo led, este iría disminuyendo el voltaje, y esto es debido a que la energía que produce nuestro interceptor se ve evidenciada en líneas equipotenciales

Tabla 32. Respuestas de los estudiantes respecto a la homogeneidad del pulso electromagnético

Los grupos encontraron que, como en el nivel anterior cuanto más lejos se encuentra el dispositivo, menor será la interferencia que pueda ser generada, G1 manifiesta que, “con ayuda del multímetro, este permite observar cómo a medida que se aleja el bombillo led del emisor (descarga), la interferencia o perturbación se hace cada vez más pequeña hasta ser imperceptible.”.

A pesar de que todos los grupos coinciden en que la intensidad de la interferencia disminuye a medida que se alejan los bombillos, no es claro como entienden la interferencia, es decir, solo se puede decir que hay perturbación si se afecta otro dispositivos o señal, de modo que se podría hablar de rango de acción del pulso electromagnético no como interferencia sino como onda electromagnética que puede producir interferencia.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Las mediciones sobre cada bombillo permiten generar ideas acerca del campo?	Grupo 1	Con las mediciones que tomamos pudimos observar que las ondas que generaba el interceptor tenían un comportamiento similar a un campo electromagnético, pues en los 2 podemos ver cómo entre más lejos estamos de la fuente más decrece la intensidad de estos, además de que tendrán el mismo comportamiento circular, ya que da igual desde qué ángulo se tome, este se mantendrá
	Grupo 2	Debido a que la diferencia de potencial disminuye con la distancia entre el led y el interceptor, las mediciones nos sugieren un campo radial generado por la descarga electrostática por pulsos que se propagan como ondas concéntricas ya que la descarga es electrostática.
	Grupo 3	Las mediciones permitieron observar algunas características de campo, como puede ser su geometría y sus propiedades con respecto a la intensidad del campo en determinados puntos. También permitieron percibir las perturbaciones sobre el campo electromagnético.
	Grupo 4	Como bien sabemos, el campo es una especie de campo físico en donde interactúan diferentes cuerpos y cargas, ya sea de

		forma de atracción o repulsión, principalmente cargados eléctricamente y todo por medio de la ley de Coulomb.
--	--	---

Tabla 33. Respuestas de los estudiantes acerca de la caracterización del campo eléctrico

G1 y G2 menciona que la distancia entre el bombillo y el interceptor afecta la intensidad de la interferencia, ya que disminuye la potencia del artefacto, por otra parte, no es claro qué quieren expresar G1 “Con las mediciones que tomamos pudimos observar que las ondas que generaba el interceptor tenían un comportamiento similar a un campo electromagnético”. La idea mencionada anteriormente muestra que no se diferencia entre el concepto de onda y campo, puesto que los considera como el mismo concepto o sinónimos.

G3 y G4 muestra ideas de cómo se puede dar razón del campo, teniendo en cuenta sus características geométricas y las diferentes intensidades, como el potencial o corriente eléctrica, aquí se resalta que el campo lo consideran como “una especie de campo físico en donde interactúan diferentes cuerpos y cargas ya sea de forma de atracción o repulsión, principalmente cargados eléctricamente”.

Pregunta	Grupos	Respuestas
¿Cómo se puede relacionar el concepto de campo con una onda electromagnética?	Grupo 1	Teniendo en cuenta lo que se analizó en el punto anterior, y entendiendo que es un campo, podemos suponer que un campo eléctrico está conformado por ondas eléctricas, y estas son las que generan el propio fenómeno de campo.
	Grupo 2	Las perturbaciones en el campo generan ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio sin la necesidad de un medio. Un campo constante no genera ondas electromagnéticas.
	Grupo 3	Una onda electromagnética es la consecuencia de la perturbación del campo. Al momento de producirse la descarga eléctrica entre los electrodos del interceptor, esta descarga altera de alguna forma el campo que lo rodea, como el radio es receptor de señales electromagnéticas, éste interfiere con las perturbaciones de las descargas eléctricas y capta estas señales.
	Grupo 4	Ahora, respecto a las ondas electromagnéticas, sabemos que estas son ondas producidas dentro de estos campos eléctricos, principalmente producidas por partículas cargadas. Al saber que estas producen campos, estos ejercen fuerza de atracción o repulsión sobre otras partículas, por lo tanto, podemos concluir que dentro de estos campos se producen diferentes ondas electromagnéticas

Tabla 34. Respuestas de los estudiantes acerca del campo

Los grupos 2 y 3, dan una idea de lo que puede ser el campo “Las perturbaciones en el campo generan ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio sin la necesidad de un medio. Un campo constante no genera ondas electromagnéticas” y la relación que existe entre éste

y las ondas electromagnéticas, debido a que muestran el campo como un medio de propagación, y no como el emisor directo de la onda.

Para el cuarto nivel se tiene como objetivo, reconocer los siguientes conceptos: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas. Lo cual, los estudiantes reconocen que en la descarga electrostática se producen diferentes fenómenos como el pulso electromagnético y la interferencia, onda electromagnética, también, reconoce el actuar de la chispa y generan hipótesis sobre cómo produce interferencias sobre el radio teniendo en cuenta los conceptos de intensidad y resistencia eléctrica, diferencia de potencial, no obstante, no muestran la apropiación de los conceptos

5 Conclusiones

La pregunta de investigación que orientó este trabajo fue ¿Qué alcances se obtienen en la comprensión de: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales; a través de la implementación de una propuesta de actividades experimentales sobre la interferencia electromagnética? Para responder a esta pregunta se diseñaron unos objetivos específicos:

1. Diseñar varios montajes experimentales para generar pulsos e interferencias electromagnéticas, que permitan:
 - f) Producir y caracterizar descargas electrostáticas.
 - g) Emitir y recibir señales electromagnéticas
 - h) Identificar la dirección del campo electromagnético y las cualidades de las ondas que produce el pulso electromagnético.
 - i) Describir las interferencias producidas por un pulso electromagnético.
 - j) Diseñar una propuesta didáctica a través de estas actividades experimentales

Se encontraron referentes teóricos como lo son (González Gachetá, 2018), (Hertz, Ondas eléctricas, 1893), (Vasilevich Shurenkov & Sergeevich Pershenkov, 2016), (Moyano, José María Drake, 2005). Con los que se nos permitió explicar cómo se producía la descarga, caracterizarla y emitir y recibir señales. Se realizó la construcción de montajes experimentales donde se logró producir y caracterizar descargas electrostáticas, emitir y recibir señales electromagnéticas (que se mostraron en el segundo capítulo del documento). El instrumento utilizado fue el generador de descargas eléctricas.

Los montajes experimentales que dan razón de la interferencia electromagnética tuvieron una relevancia excepcional a la hora de registrar diferentes efectos, por ejemplo:

- la perturbación dirigida a la calculadora muestra cómo el pulso electromagnético interfiere dispositivos electrónicos y tienen un rango de acción no mayor a diez centímetros radiales.
- la frecuencia a la que se encuentra el pulso electromagnético se determinó a través de la interferencia sobre un radio AM
- la cuantificación de la interferencia, que permitían tomar
- Las lecturas acerca del potencial y la intensidad eléctrica en diferentes puntos del espacio fueron obtenidas con un multímetro cuando encendía los bombillos led (Como se ve en la página número 30) y permitieron identificar que con un mayor potencial en un punto, mayor sería la interferencia sobre un receptor como los bombillos, la calculadora o el radio. Ayudando a determinar cuando la interferencia es mayor.

A continuación, se relatará de una forma breve la producción de interferencia a través de una descarga eléctrica y las etapas por las que atraviesa el fenómeno, es decir, se concluye cómo se produce la interferencia y los demás fenómenos que se evidenciaron en la actividad experimental y cómo se relacionaron los referentes teóricos para dar razón de los fenómenos.

- Primera etapa: En el generador de alto voltaje se debe poseer una diferencia de potencial lo suficientemente grande como para romper el dieléctrico, luego de poseer suficiente potencial se genera la descarga eléctrica y al mismo tiempo de su producción se rompe el dieléctrico.
- Posteriormente a la generación de la descarga electrostática se encuentra el fenómeno del pulso electromagnético, que se puede atribuir a la descarga, puesto que la producción de la chispa genera un pulso y una vez producido se comienza a propagar como una onda y por la naturaleza del fenómeno se puede afirmar que es una onda electromagnética.
- Luego de la producción de la chispa y la propagación del pulso como onda electromagnética se evidenció que el generador de alto voltaje también hace el papel de emisor de señales electromagnéticas, ya que en las actividades experimentales fue posible la determinación de dos ondas electromagnéticas, debido a que la hipótesis inicial era que la onda se produce desde la descarga, es decir, en los electrodos, sin embargo, se pudo evidenciar que cuando se alejaba paralelamente el dispositivo a ser interferido, disminuía la perturbación, no obstante, si se alejaba en sentido contrario, hacía los capacitores del generador, en lugar de disminuir el rango de acción aumentó al alrededor del doble.

De modo que, el aumento del rango de acción se da por el pulso que se produce en el interior de los capacitores, lo cual, se sintoniza con el pulso de la descarga y aumenta su rango de acción. Veamos la siguiente ilustración número 18 (ver abajo), con la que se evidencia que el área azul que representa las zonas con mayores potenciales eléctricos se extiende por una mayor área en el costado izquierdo de la imagen, que es donde se ubican los capacitores, mientras que del lado derecho donde se encuentra la descarga el área azul es menor.

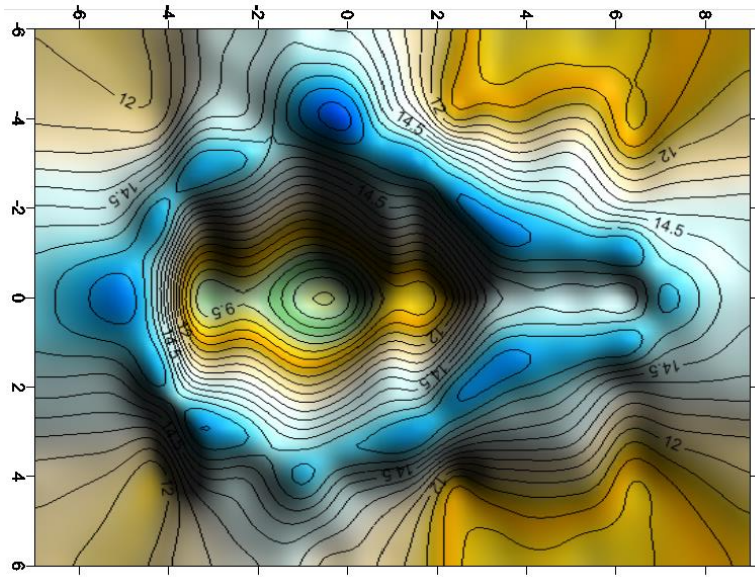


Ilustración 18. Rango de acción de la interferencia

A partir de esto se puede afirmar que se cumplen los dos primeros objetivos específicos, ya que se logra producir y caracterizar la descarga a través de montajes experimentales y asimismo se da razón de estos fenómenos con la construcción del marco teórico que muestra cómo es posible la producción de una descarga electrostática, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, a través de la diferencia de potencial y el rompimiento del dieléctrico.

Por otra parte, el tercer objetivo específico plantea identificar la dirección del campo electromagnético y las cualidades de las ondas que produce el pulso electromagnético. Para la identificación de la dirección del campo electromagnético se realizó un trabajo experimental arduo, con el que se logra encontrar las líneas equipotenciales, que son aquellas que se encontraban a un mismo potencial en un área determinada, con ello, se tuvo en cuenta que el campo eléctrico es perpendicular a las líneas equipotenciales y de esta forma se logró caracterizar el campo eléctrico, no obstante, no hubo efectos visibles en relación con el campo magnético.

Por último, se concluye que la actividad experimental tuvo un gran valor en la implementación pedagógica, debido a que los estudiantes tuvieron grandes avances en la conceptualización de los conceptos, además esto permitió que desarrollaran habilidades técnicas en cuanto a la utilización de los diferentes instrumentos técnicos y tecnológicos usados.

De este modo, la práctica experimental además de permitir la apropiación de conocimientos por parte del autor, permitió que fuese la piedra angular para que en el aula los estudiantes construyeran o desarrollaran conceptos como descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

A continuación, se presentan los alcances que se obtienen en conceptualización del electromagnetismo en los estudiantes que participaron de la implementación de este trabajo, en la comprensión de: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales; a través de la implementación de una propuesta de actividades experimentales sobre la interferencia electromagnética

Así que para el primer nivel se pretendía que los estudiantes logren diferenciar los conceptos de voltaje, intensidad eléctrica, y la resistencia eléctrica, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostática. Luego de realizar el análisis de las bitácoras entregadas por los estudiantes es posible afirmar que, los grupos encontraron dificultades para diferenciar el actuar del voltaje y la intensidad eléctrica, sin embargo, identifican con dificultad el rol de la resistencia en un circuito.

Segundo nivel de la implementación, para ello una vez más se tienen en cuenta el objetivo de éste, Realiza relaciones con los diferentes conceptos (voltaje, intensidad eléctrica, y la resistencia eléctrica), con el fin de proponer una hipótesis sobre cómo se produce una descarga electrostática, identifica que, con mayor diferencia de potencial, mayor será la descarga electrostática. Es posible afirmar que, todos los grupos identificaron con dificultad el actuar de

la intensidad de corriente, diferencia de potencial y resistencia eléctrica. Con base en esto, lograron reconocer como se produce la chispa y que sus acciones producen una interferencia electromagnética, no obstante, encontraron dificultades al pensar en cómo se propaga la interferencia hasta la calculadora.

Tercer nivel de la implementación, objetivo, identifica que la descarga electrostática produce interferencia electromagnética, la cual, perturba diferentes dispositivos o señales. Reconoce la descarga electrostática como un fenómeno eléctrico complejo, que necesita más conceptos. Se puede deducir que los grupos reconocieron que en la descarga electrostática se producen diferentes fenómenos como el pulso electromagnético y la interferencia, onda electromagnética, también, reconoce el actuar de la chispa y genera hipótesis sobre cómo produce interferencias sobre el radio teniendo en cuenta los conceptos de intensidad y resistencia eléctrica, diferencia de potencial, no obstante, no muestran la apropiación de los conceptos

Teniendo en cuenta que a la hora de la implementación pedagógica se seleccionó un material teórico que, si bien guiaba a los estudiantes en su proceso de conceptualización, no respondía las preguntas propias de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, por ello, se puede afirmar que la actividad experimental permitió que los estudiantes construyeran sus propias hipótesis y respondieran las preguntas a partir de sus experiencias.

6 Bibliografía

- Berkson, W. (1974). *Las terías de los campos de fuerza*. Madrid: Alianza universal.
- Braun, E. (2011). *Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cassiolato. (2015). *EMI - Interferencia Electromagnética en instalaciones industriales*. Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/emiinterferencia->
- Castellanos Ortegón, I. Y., & Vija Suarez, J. (2011). Botella de Leyden como introducción a los capacitores. Bogotá: 5º Congreso nacional de enseñanza de la física.
- Ciencias.com. (2010). *¿Qué le sucede a nuestro cuerpo al recibir una descarga eléctrica?* Madrid. Obtenido de <https://ciencias.com/informacion/quienes-somos/>
- Cordoba, U. d. (s.f.). *El efecto Compton*. Obtenido de <http://www.uco.es/hbarra/FisicaCuantica/apuntes/0103.pdf>
- García Castañeda, M., & Jeannine Ewert, D.-G. (1987). *Introducción a la física moderna*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Garzón Barrios, M., Tarazona Vargas, L., Sandoval Osorio, S., Malagón Sánchez, J., & Ayala Manrique, M. (2020). *Un caso de estudio sobre la reproducción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias*. Belo Horizonte: Revista Ensaio.
- Gobierno de Canarias. (2016). *Lápices de grafito*. Canarias.
- Gomez, P. E. (2011). *Las ecuaciones de Maxwell - ley de Faraday*. España: El tamiz. Obtenido de <https://eltamiz.com/2011/10/26/las-ecuaciones-de-maxwell-ley-de-faraday/>
- González Gachetá, A. F. (2018). *Caracterización de un pulso electromagnético generado por una descarga electrostática*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Headquarters air force special weapons center air force systems command kirtland air forcebase, New Mexico. (1961.). *Preliminary plan for operation fish bowl*. New Mexico: Air force special weapons center. Obtenido de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA469481.pdf>
- Hertz, H. (1893). *Ondas eléctricas*. New York: Dover publications.
- Hertz, H. (1962). *Electric Waves. Researches on the Propagation of Electric Action with Finite Velocity through Space*. (D. E. Jones, Trad.) New York: Dover Publications.
- Moyano, José María Drake. (2005). *Istrumentación electrónica de comunicaciones*. Santander: Escuela técnica superior de ingenieros industriales.
- Ortiz Granja, D. (2015). *El constructivismo como teoría y método de enseñanza*. Cuenca Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

- Redondo Quintela, F., & Redondo Melchor, R. (2014). 2. *Dieléctricos*. Salamanca: Universidad de Salamanca. Obtenido de https://electricidad.usal.es/Principal/Fenomenos/Publicaciones/Descargas/02_Dielectricos.pdf
- Roberge, R. (s.f.). *Corrosion Doctors*. Obtenido de <http://www.corrosion-doctors.org/Biographies/GuerickeBio.htm>
- Sandoval, S., Malagon, J. F., Garzón, M., Ayala, M., & Tarazona, L. (2018). *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Saridiña Del Dedo, A. (2017). *Física de película pulsos electromagnéticos*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Stassinopoulos at the Hardened Electronics and Radiation Technology. (2015). *The Starfish exoatmospheric. high altitude nuclear weapons test*. Chantilly: nepp.nasa.gov.
- Vasilevich Shurenkov, V., & Sergeevich Pershenkov, V. (2016). *Electromagnetic pulse effects and damage mechanism on the semiconductor electronics*. Moscow: Electronics and Energics.
- Vidal Villora, M. (2009). *¿Por qué se ve mal la TDT cuando llueve?* España: <http://www.vidalvilloria.com/por-que-se-ve-mal-la-tdt-cuando-llueve/>.

7 ANEXO 1. SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

7.1 La descarga eléctrica y su carácter electromagnético: identificando pulso, campos e interferencias electromagnéticas a través de actividades experimentales

Esta guía de aprendizaje y enseñanza se desarrolla con el fin de proporcionar a estudiantes de la licenciatura en física de la Universidad Pedagógica Nacional, actividades experimentales diseñadas para acercarse a diferentes conceptos del electromagnetismo: las descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Se realizó esta guía desde una perspectiva fenomenológica, en la cual, el estudiante es el actor principal en relación con las experiencias que está adquiriendo con un determinado fenómeno físico, teniendo en cuenta que, el fenómeno en cuestión son las interferencias electromagnéticas; éstas no se pueden interpretar como un objeto de estudio independiente del estudiante, es decir, las experiencias obtenidas por el estudiante deben proporcionar una reflexión propia del sujeto.

Aquí el estudiante cumple un rol activo en la construcción, producción, descripción y análisis de las interferencias electromagnéticas, por este motivo la realización de este documento se basa en el desarrollo de cinco niveles de estudio, en los que se secuencian las actividades desde un nivel de menor complejidad a uno con mayor nivel de complejidad, los cuales, se caracterizan basándose en una perspectiva constructivista.

Esta guía pretende que el estudiante construya sus propios aprendizajes a partir de las experiencias y las reflexiones que puede obtener de ellas, sin embargo, estos procesos de aprendizaje se realizan con una serie de pasos encadenados que permiten guiar al estudiante con el fin de obtener métodos de organización e integración de ideas, es importante mencionar que esta serie de pasos deben ser meticulosamente organizados y estructurados, para que el sujeto no encuentre vacíos conceptuales y esto lo lleve a desviarse del punto central del área de estudio (Ortiz Granja, 2015).

Cuando se menciona lo meticuloso y organizado que debe ser el documento, se refiere a los procesos que se encuentran implícitos en la guía, es decir, los contenidos dentro de la misma no son iguales y tampoco se puede pensar que los niveles tienen el mismo grado de complejidad, por esta razón, el constructivismo permite que el estudiante genere sus propios conocimientos a través de las reflexiones, no obstante, es de gran importancia mencionar el trabajo docente como acompañante del proceso de aprendizaje; aunque el estudiante es quien construye sus conocimientos el docente debe estar apoyando y guiando las diferentes experiencias que puede realizar el sujeto.

De esta manera los cinco niveles que se mencionaron anteriormente parten desde un estado de baja complejidad y a medida que el estudiante aumenta o pasa de nivel, se incrementa paulatinamente la dificultad en los temas relacionados con las interferencias electromagnéticas.

7.2 Nivel 1. Construcción de un potenciómetro

En este primer nivel, se realizará la construcción de un potenciómetro que permita a los estudiantes generar relaciones y diferencias entre los conceptos de: voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas; también, es posible que el sujeto se relacione las magnitudes físicas con las experiencias que adquiere mediante la elaboración del montaje experimental, y de esta manera genere nociones básicas que permitirán comprender los siguientes niveles.

	Nivel 1	
	Objetivos de enseñanza y aprendizaje	Descripción detallada
Conceptualización e ideas iniciales de los estudiantes	los conceptos de voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostática.	El estudiante puede interpretar de manera apropiada un circuito eléctrico y reconoce en donde actúa la intensidad eléctrica, diferencia de potencial y la resistencia eléctrica.
Trabajo práctico o experimental	La construcción de algunos circuitos eléctricos básicos que permitirán al estudiante identificar la intensidad eléctrica, diferencia de potencial y la resistencia eléctrica.	El estudiante identifica el papel de la diferencia de potencial, intensidad eléctrica, resistencias eléctricas y lo relaciona con el fenómeno de la descarga electrostática
Comunicación y socialización de ideas científicas	Realizar discusiones en grupo en relación con lo observado desde la práctica y a través de la teoría	El estudiante manifiesta sus ideas, utilizando sus conocimientos en situaciones cotidianas y los comparte con su grupo de trabajo

Tabla 35. Primer nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Conceptualización

Preguntas orientadoras

- ¿Sí se aumenta la resistencia eléctrica en un circuito, cambia la intensidad eléctrica o la diferencia de potencial?
- ¿Qué pasaría sí en un circuito se desconecta el cable de poder?
- ¿Qué pasaría sí en un circuito eléctrico se conectan dos cables con la misma polaridad?
- ¿A través de qué elementos de un circuito, circula la corriente eléctrica?
- ¿Cambia la intensidad lumínica del bombillo al mover el alambre y si cambia a qué se debe?

Trabajo práctico y/o experimental

Materiales:

Lápiz, Fuente de 12v, Alambre de 20cm, Lamina de madera 20cm * 30cm, Cables conectores, Bombillo 12V.

En primera instancia, al lápiz se le realiza un corte transversal, es decir, se abre justo por donde se encuentra el grafito, de manera que se obtengan dos mitades, una con el grafito y la otra es únicamente la madera o contenedor vacío. Es importante resaltar que la mitad que nos sirve es aquella con el grafito.

Posteriormente la mitad de lápiz, la fijaremos sobre la lámina de madera, de forma que no se pueda mover, después de este paso se procede a fijar el lápiz con un cable que conecta al bombillo y a su vez, este se une con otro conector al polo negativo de la batería.

Ahora justo en la mitad del lápiz, se tomará una medida de aproximadamente 10cm con el fin de atornillar el alambre a la madera, teniendo en cuenta que sea posible el movimiento del alambre sobre cualquier parte del lápiz.

Para finalizar, en el polo positivo de la batería se conectará un cable que comunique directamente con el alambre.

Objetivo

Diferenciar los conceptos de voltaje, intensidad eléctrica, y las resistencias eléctricas, con el fin de reconocer sus acciones en una descarga electrostática.

Texto orientador: ¿Qué es la electricidad?

- <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-electricidad/>

Videos orientadores

- ¿Qué es la electricidad? <https://www.youtube.com/watch?v=KHaNzKgfzpM>
- Potenciómetro con un lápiz <https://www.youtube.com/watch?v=g0fdWvfJucY>

Estos videos y textos son de gran interés, debido a que pueden ser utilizados para el entendimiento del montaje experimental o con el fin de relacionarlo con las discusiones que se generan en los grupos de trabajo.

Esquema experimental del potenciómetro

En este esquema el estudiante puede identificar la organización de los diferentes partes o materiales para poder realizar el montaje experimental, de la misma manera puede interpretar algunas de las preguntas que se plantearon anteriormente.

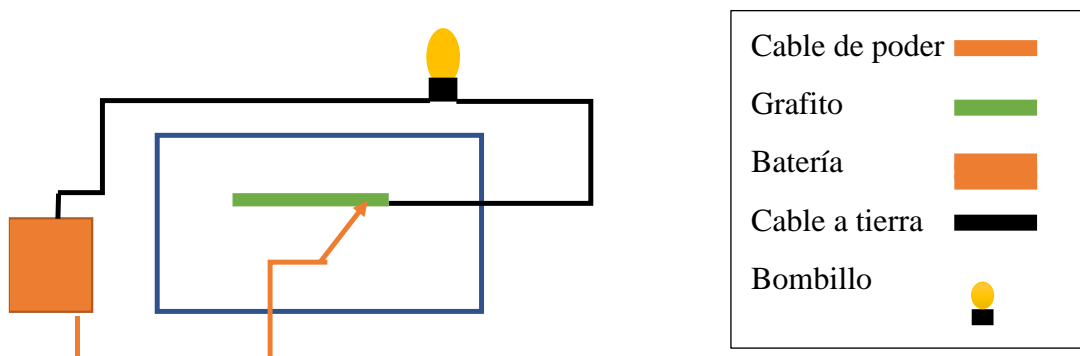


Ilustración 19. Esquema del potenciómetro primer

7.3 Nivel 2. Construcción de un generador de alto voltaje: circuito para generar una descarga electrostática

En este nivel el estudiante ya conoce como se compone un circuito básico y puede construir uno más complejo, de tal manera que, con la construcción del generador de alto voltaje y ya conociendo las magnitudes físicas fundamentales para esta guía, es posible que el sujeto encuentre relaciones entre la potencia de la descarga electrostática y el voltaje, intensidad de corriente y resistencia eléctrica, de la misma manera reconoce como se produce una descarga electrostática.

Nivel 2	
Objetivos de enseñanza y aprendizaje	Descripción detallada
Realiza relaciones con los diferentes conceptos, con el fin de proponer una hipótesis sobre cómo se produce una descarga electrostática, identifica que, con mayor diferencia de potencial, mayor será la descarga electrostática.	El alumno cuestiona la relación que tiene la intensidad eléctrica, con el voltaje y a su vez con la resistencia eléctrica. Con la intención de explicar cómo se produce la descarga electrostática
Construcción de un circuito eléctrico más complejos, que permita al estudiante evidenciar una descarga electrostática y a su vez, analizar la chispa que se produce, también, el sonido, el número de destellos que se generan en unidad de tiempo y teniendo en cuenta la distancia del cátodo y ánodo	El estudiante puede explicar que la distancia del cátodo y el ánodo cambian por completo la magnitud de la descarga, como también, la diferencia de potencial.

Realizar discusiones en grupo en relación con lo observado desde la práctica y a través de la teoría	El estudiante identifica que existen relaciones entre las distancias y las magnitudes en la descarga electroestática
--	--

Tabla 36. Segundo nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Conceptualización

Preguntas orientadoras

- ¿Cómo se puede producir la interferencia?
- ¿Qué pasaría con la calculadora si la descarga electroestática es tan intensa como un rayo?
- ¿La intensidad de la descarga es homogénea en cualquier parte?
- ¿Cómo se puede tener datos sobre la interferencia producida?
- ¿Por qué medio se propaga la descarga electroestática?
- ¿Qué sucedería si se aumenta la diferencia de potencial?

Trabajo práctico y/o experimental

Construcción del generador de alto voltaje: Generador de pulsos electromagnético

Materiales:

Generador de alto voltaje, 4 generadores de alto voltaje Chispa 400kv 400000v 3-6v, cables conectores, base firme, fuente de poder de 9v, conexión a 9V, dos alambres, calculadora

En primera instancia se realizará un aumento de potencia de la descarga electroestática, para eso se conectarán los diferentes generadores en serie o paralelo.

Para la producción de pulsos electromagnéticos se dispuso de cuatro generadores de alto voltaje, cada uno produce alrededor de doce mil voltios, sin embargo, aumentar la potencia de estos conectándolos como un circuito en serie no fue posible, debido a configuraciones internas de los generadores, sin embargo, permiten incrementar la intensidad eléctrica (cada uno puede producir entre 2A aproximadamente).

En el momento que se realiza la instalación de los generadores en paralelo con el fin de aumentar la corriente, la intensidad eléctrica aumenta alrededor de cuatro veces más. De tal manera que, los pulsos que produce el generador, el cual, de ahora en adelante se denominará "Interceptor", parten desde aproximadamente 12kv y 8A.

La conexión de los generadores a la fuente de poder se realiza únicamente conectando todos los cables de poder con el mismo cable de la fuente y los que van direccionados a tierra se conectan de igual forma, ahora bien, la salida de alta potencia se conecta de la misma manera todos los positivos y se adiciona un alambre de cobre que permita ser adaptado a la base y quedar en un punto fijo; se hace el mismo procedimiento para los cables negativos.

Estos alambres de cobre que estarán fijos a la base deben estar a una distancia de aproximadamente 3mm uno del otro, con el fin de producir la descarga electrostática en ese punto.

Para esta experiencia se dispuso del generador de alto voltaje, el cual, se encuentra conectado a los alambres que en este documento se denominarán como cátodo y ánodo, siendo estos los que producen la descarga electrostática, este dispositivo debe encontrarse perpendicular a la superficie donde se encuentra la calculadora, es importante mencionar que, el generador debe poder alejarse o acercarse, por esta razón, se debe encontrar sobre un eje fijo que será el centro u origen del marco de referencia.

La ubicación de la calculadora se caracteriza debido a que puede tener diferentes radios empezando desde 1 cm hasta 10cm. Esto se realiza con el fin de tener una referencia clara y conocer si la interferencia es producida de igual manera en cualquier punto, ya que, para esto se utilizarán los ya mencionados diferentes radios y también diferentes direcciones (45° , 90° , 135° , 180° , 235° , 270° , 315° , 360°), como se muestra en la siguiente figura.

Objetivo

Realiza relaciones con los diferentes conceptos, con el fin de proponer una hipótesis sobre cómo se produce una descarga electrostática, identifica que, con mayor diferencia de potencial, mayor será la descarga electrostática.

Texto orientador

<https://hardzone.es/2018/05/27/interferencias-electromagneticas-pc-evitarlas/>

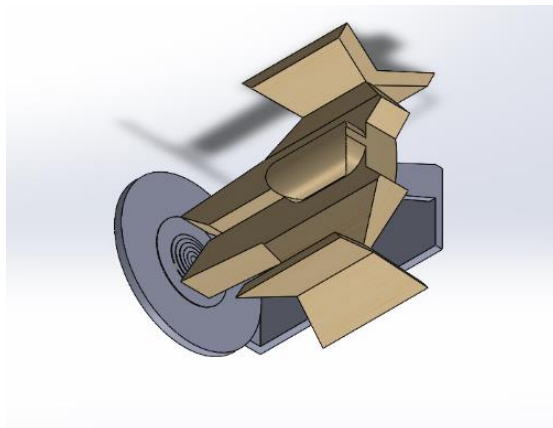


Ilustración 20. Montaje experimental segundo nivel

Videos orientadores

- <https://www.youtube.com/watch?v=B-hBD9O2q8I>
- <https://www.youtube.com/watch?v=LOFBjGehHI4>

7.4 Nivel 3. Generador de descargas electroestáticas VS radio

Luego de conocer la construcción del generador de alto voltaje y entender las relaciones existentes entre la potencia del circuito y la descarga electroestática, es posible generar experiencias que proporcionen al estudiante la posibilidad de interferir diferentes frecuencias de señal mediante un pulso electromagnético, sin embargo, la observación de este fenómeno denota la complejidad de este mismo y sugiere la importancia de usar más bases conceptuales como las ondas electromagnéticas, campos electromagnéticos y pulsos.

Nivel 3	
Objetivos de enseñanza y aprendizaje	Descripción detallada
<p>Identifica que la descarga electroestática produce interferencia electromagnética, la cual, perturba diferentes dispositivos o señales.</p> <p>Reconoce la descarga electroestática como un fenómeno eléctrico complejo, que necesita más conceptos para comprenderlo (ondas electromagnéticas, campos electromagnéticos y pulsos)</p>	<p>El estudiante infiere que la interferencia electromagnética se produce por la acción de la descarga electroestática, lo cual, indica que la descarga produce un pulso electromagnético que se propaga a través del espacio y perturba señales y objetos circundantes a este.</p>
<p>Demostrar que a través de una descarga electroestática se puede producir una interferencia electromagnética, por lo cual, es una onda</p>	<p>El estudiante produce descargas electroestáticas que permitan realizar diferentes interferencias en dispositivos y señales</p>
<p>Representa mediante un mapa mental qué es una descarga electroestática, cómo se produce, y sus efectos sobre sí mismo u otros agentes externos a él.</p>	<p>El estudiante relaciona la descarga electroestática con las ondas, pulsos y campos electromagnéticos, permitiendo la creación de hipótesis sobre cómo se produce la interferencia</p>

Tabla 37. Tercer nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Conceptualización e ideas iniciales de los estudiantes

Preguntas orientadoras

- ¿Cómo se transmite la interferencia desde la descarga electroestática hasta el radio?
- ¿Hasta qué distancia puede producir interferencia el generador al radio?
- ¿qué sucedería si la descarga electroestática fuera continua y no por pulsos?

Trabajo práctico y/o experimental

Construcción del interceptor

Materiales:

Generador de alto voltaje, conexión a 9V, dos alambres, radio Am y Fm

Para este experimento se hará uso del generador de alto voltaje utilizado anteriormente, con el cual, se pretende investigar cuáles son las frecuencias en las que actúa dicho dispositivo, por esta razón, se utilizará un radio analógico de Am y Fm, es de bastante importancia que sea Am.

Posteriormente se activará el generador de alto voltaje que debería permitir realizar interferencias sobre el funcionamiento auditivo de la radio, de esta manera es posible encontrar la frecuencia precisa en la que actúa el interceptor, cabe resaltar que, se debe variar la frecuencia de radio hasta encontrar la o las interferencias que se producen.

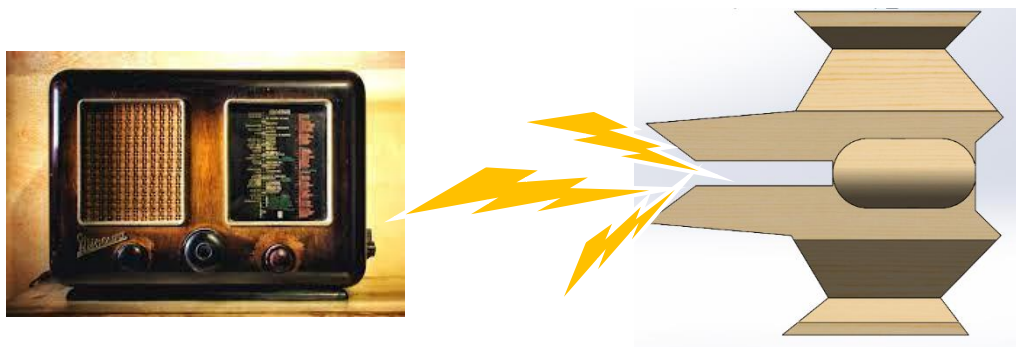


Ilustración 21. Interceptor interfiriendo un radio tercer nivel

Objetivo

Identifica que la descarga electrostática produce interferencia electromagnética, la cual, perturba diferentes dispositivos o señales. Reconoce la descarga electrostática como un fenómeno eléctrico complejo, que necesita más conceptos para comprenderlo (ondas electromagnéticas, campos electromagnéticos y pulsos).

Texto orientador

- <https://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/ciencia/2021-10-09/el-pulso-electromagnetico-el-arma-que-puede-hacer-retroceder-a-una-ciudad-al-siglo-xix-6826256/>

Videos orientadores

- <https://www.youtube.com/watch?v=SH9gvEhQL3s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=-sKTsM8KdcU>

7.5 Nivel 4, Generador de descargas electrostáticas VS Bombillos led.

En este nivel es importante reconocer que el interceptor puede permitirse interferir además de señales electromagnéticas, diferentes dispositivos con cualidades muy particulares como lo pueden ser los bombillos led, que permiten ser interferidos y mostrar que tan grande puede ser la perturbación que se genera a través del pulso.

Nivel 4	
Objetivos de enseñanza y aprendizaje	Descripción detallada
Reconocer los siguientes conceptos: descargas electroestáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas	El estudiante utiliza los recursos que tiene al alcance como la práctica experimental, videos o los textos, que le permitan generar ideas acerca del campo, ondas, pulsos, interferencias electromagnéticas
Mostrar las interferencias electromagnéticas producidas a través de una descarga electroestática, donde se encuentra algunos receptores y emisores, que permitan medir la interferencia	El estudiante reconoce los conceptos del campo, ondas, pulsos, interferencias electromagnéticas
Relacionar la práctica experimental con los recursos teóricos, discutiendo con el grupo de trabajo	El estudiante socializa y realiza discusiones en relación con el fenómeno estudiado

Tabla 38. Cuarto nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Conceptualización

Preguntas orientadoras

- ¿La descarga electroestática se transmite para poder llegar hasta los bombillos led y encenderlos? Sí es así ¿cómo lo hace?
- ¿Qué pasa con la intensidad del primer anillo?
- ¿La producción de una descarga electroestática permite distorsionar el espacio circundante al interceptor?
- ¿La intensidad de la interferencia en cualquier punto del espacio es la misma?
- ¿las mediciones sobre cada bombillo permiten generar ideas acerca del campo?
- ¿Cómo se puede relacionar el concepto de campo con una onda electromagnética?
- ¿Qué se puede concluir?

Trabajo práctico y/o experimental

Materiales:

Interceptor, 12 bombillos led, lámina de madera de 20cm * 10cm, multímetro

Se dispondrá de doce bombillos led, que estarán divididos en tres anillos, donde cada aro o anillo se encuentra distribuido uniformemente con cuatro bombillos led, asimismo, tendrán una distancia radial de r_1 , r_2 , r_3 con relación al generador de alto voltaje.

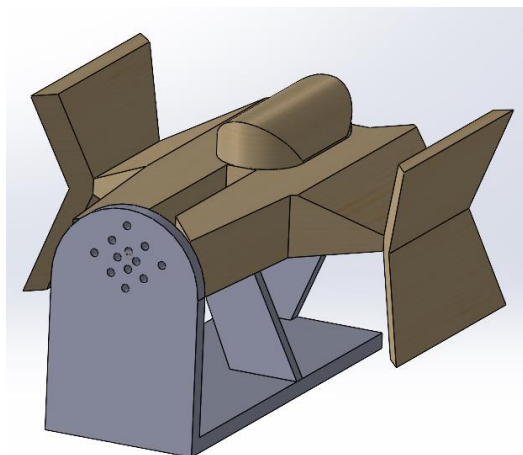


Ilustración 22. Montaje experimental cuarto nivel

En la ilustración número 17, se puede observar la distribución de los doce bombillos led, los cuales, se encuentran a una distancia en relación con el interceptor de 0.2cm, con la intención de evidenciar cual es la intensidad máxima de la interferencia producida por el pulso electromagnético.

Para poder medir que tan intensa es la corriente y el voltaje que produce el Interceptor, se hará uso de un multímetro, el cual, permite conocer la magnitud de la corriente y el voltaje sobre cada bombillo.

	1	2	3	4	5	6	7
a				a4			
b		b2				b6	
c				c4			
d	d1		d3		d5		d7
e				e4			
f		f2				f6	
g				g4			

Tabla 37. Organización bombillos cuarto nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Con la tabla anterior es posible observar de manera más fácil y detallada la organización que se debe tener en cuenta y como se deberían denominar los bombillos a la hora de realizar la medición sobre el multímetro.

El estudiante puede completar las siguientes tablas realizando mediciones sobre cada bombillo led, donde podrá encontrar el voltaje y la intensidad eléctrica:

Primer anillo	Ubicación				
	Voltaje(mV)				
	Corriente (m A)				
Segundo anillo	Ubicación				
	Voltaje(mV)				
	Corriente (mA)				
Tercer anillo	Ubicación				
	Voltaje(mV)				
	Corriente (nA)				

Tabla 38. Distribución de datos secuencia de enseñanza y aprendizaje

Las tablas se organizan desde primer anillo hasta el tercero, esto se hace para reconocer que anillo se encuentra más cerca de la descarga electrostática y de esta manera se pretende encontrar una relación que permita evidenciar si el pulso se transmite con la misma intensidad en cualquier lugar del espacio.

Posteriormente a la toma de mediciones y datos, se debe analizar y realizar conclusiones acerca de lo obtenido, teniendo en cuenta las preguntas orientadoras.

Objetivo

- reconocer los siguientes conceptos: descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas.

Texto orientador

- Las teorías de los campos de fuerza, William Berkson, pagina 116, (La introducción de la teoría del campo unificado) capítulo 3 la búsqueda del experimento crucial.

7.6 Nivel 5 Interceptor VS bombillos rotados

En el último nivel el estudiante ha generado reflexiones acerca del fenómeno de interferencia electromagnética, partiendo desde la producción de la descarga electrostática, la emisión de la perturbación por un dieléctrico hasta llegar al receptor (Bombillos led, señal de radio, calculadora). A través de estas reflexiones es posible que el sujeto pueda relacionar los siguientes conceptos pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección, y los conceptualice.

Nivel 5	
Objetivos de enseñanza y aprendizaje	Descripción detallada
Comprende las diferencias entre pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, a través de la descarga electrostática	El estudiante relaciona los textos, los videos y las discusiones grupales para construir nociones básicas de los pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas
Producir fenómenos de interferencia electromagnética, en los que se permita tener mediciones acerca de las perturbaciones generadas	El estudiante produce algunos fenómenos de interferencia electromagnética mediante sus conocimientos
Integrar los aprendizajes adquiridos para argumentar la existencia de descargas electrostáticas, pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas	El estudiante relaciona el texto, el video y las discusiones grupales para argumentar la existencia del campo electromagnético, pulso, onda

Tabla 39. Quinto nivel secuencia de enseñanza y aprendizaje

Conceptualización e ideas iniciales de los estudiantes

Preguntas orientadoras

- ¿Puede un pulso electromagnético interferirse?
- ¿Cómo se produce la interferencia?
- ¿Cuál es la relación entre el campo y el pulso electromagnéticos?

Eje 2: Trabajo práctico y/o experimental

Materiales

Interceptor, 12 bombillos led, lámina de madera de 20cm * 10cm, multímetro, 4 brújulas

Este montaje hará uso del cuarto nivel, en relación con la orientación de los cátodos y ánodos, sin embargo, se realizó unos cambios en la estructura de la disposición, se dispuso de un eje que puede rotar hasta 180°, este permite mover la lámina de madera donde se encuentran los bombillos leds.

Se demarcaron únicamente tres ángulos (0°, 45°, 90°) esto permitiría evidenciar la influencia que tiene el campo electromagnético alrededor de el origen del pulso.



Ilustración 23. Carácter eléctrico y magnético quinto nivel

Para esta experiencia se hará uso de cuatro brújulas, con el fin de encontrar alguna perturbación sobre el campo magnético. Así que para poder evidenciar la relación entre la distancia y la intensidad del pulso electromagnético se completarán las siguientes tablas, en las cuales, se demarcan los anillos r_1 , r_2 , r_3 , que cuentan con la misma disposición del montaje anterior, sin embargo, se rotará el interceptor con determinados ángulos.

Posteriormente a la toma de mediciones y datos, se debe analizar y realizar conclusiones acerca de lo obtenido, teniendo en cuenta las preguntas orientadoras.

Objetivo

Comprende las diferencias entre pulsos, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas, emisión y recepción de señales o detección y observación de interferencias electromagnéticas, a través de la descarga electrostática

7.7 ANEXO 2. Texto complementario a la secuencia

Según (gobiernodecanarias, Lápices de grafito, 2016) La mina H, que en inglés se denomina así por la palabra hard, que traducido al español, significa duro, por otra parte, la mina B, hace referencia a black, que en español traduce negro, una de sus principales diferencias es la concentración de grafito, cera y arcilla, en su composición, debido a que, ambas minas son producidas con los mismos compuestos, sin embargo, las diferentes concentraciones como un menor porcentaje de grafito y uno mayor de arcilla permiten que el trazado del lápiz sea poco visible y más fino, éste da razón de una mina H, la cual, es más resistente y dura, por tanto, a la hora de dibujar tendrá una tonalidad de color gris.

La mina B, se caracteriza por poseer una concentración mayor de grafito y menor de arcilla, lo cual, hace que su trazado sea más suave y su dureza sea considerablemente menor que la mina H, también, a la hora de dibujar se notará que el color es parecido a una tonalidad negra u oscura.

En la siguiente tabla se muestra la concentración de grafito, arcilla y cera para la construcción de las diferentes minas de lápiz, las cuales, solo se componen de los tres compuestos mencionados anteriormente y la suma de sus respectivos porcentajes da como resultado 100%

Tipo de lápiz	Porcentaje		
	Grafito	Arcilla	Cera
9H	41	53	5
8H	44	50	5
7H	47	47	5
6H	50	45	5
5H	52	42	5
4H	55	39	5
3H	58	36	5
2H	60	34	5
H	63	31	5
F	66	28	5
HB	68	26	5
B	71	23	5
2B	74	20	5
3B	76	18	5
4B	79	15	5
5B	82	12	5
6B	84	10	5
7B	87	7	5

Tabla 40. Características del grafito, (gobiernodecanarias, LÁPICES DE GRAFITO , 2016)

Teniendo en cuenta que el grafito es un material conductor, puede afirmarse que los fenómenos eléctricos evidenciados se debían a las propiedades eléctricas del grafito, puesto que, los efectos del potenciómetro eran más notorios con las minas H debido a su baja concentración de grafito, lo cual, generaba que el lápiz fuera un material con una alta resistencia. Por otra parte, los lápices con mina B, es decir, los que cuentan con mayor concentración de grafito tenían efectos muy poco notorios del potenciómetro, debido a que con mayor porcentaje de grafito menos resistencia ofrece.

