



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Experiencia en el aula: Utilización de
teléfonos móviles para la
comprensión de la radiación
electromagnética con estudiantes de
noveno grado en la Escuela Normal
Superior María Auxiliadora del
municipio de Copacabana, Antioquia**

YOVANY ALBERTO LONDOÑO ECHAVARRIA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2015

Experiencia en el aula: Utilización de teléfonos móviles para la comprensión de la radiación electromagnética con estudiantes de noveno grado en la Escuela Normal Superior María Auxiliadora del municipio de Copacabana, Antioquia

YOVANY ALBERTO LONDOÑO ECHAVARRIA

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en La Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

M. Sc. SIGIFREDO SOLANO GONZÁLEZ

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2015

*A mis padres que ya no están con nosotros,
a mis hermanos para que sigan mi camino, a
mi esposa por su gran apoyo y a mi hijo por
ser mi aliciente.*

Agradecimientos

Al profesor Manfred Bauknecht por su ayuda e inspiración en la temática del trabajo. Al profesor Sigifredo Solano por los aportes y las enseñanzas sobre cómo se afronta un trabajo de grado y cómo se lleva a cabo. A los estudiantes por ser mis actores principales y a la rectora Sor Sara Sierra Jaramillo de La Institución Educativa Escuela Normal Superior María Auxiliadora de Copacabana por dejarme desarrollar la propuesta. Y a mi familia por haber sido el apoyo espiritual de este trabajo.

Resumen

Esta propuesta se enfoca en una metodología de trabajo en el aula para el docente y estudiantes aplicando varias experiencias para enseñar el concepto de radiación electromagnética de una manera más práctica que teórica y a la vez más motivante, ya que en ella se utiliza el teléfono móvil. Un dispositivo que el estudiante reconoce pero no como un teléfono que sirve para comunicarse sino como un objeto que irradia electromagnetismo, radiación que se puede medir de manera cualitativa a través de bombillas y antenas. Primero se diseñaron las antenas de acuerdo a las frecuencias que emite cada teléfono móvil ya sea el de tecnología GSM o el UMTS, luego se construyeron las experiencias que responden a preguntas formulados por los alumnos las cuales se refutaron o no con el transcurso de las actividades. Finalmente se midió el impacto de la metodología en cuanto a la motivación y aprendizaje de los estudiantes con dichas experiencias.

Palabras clave: Ondas electromagnéticas, radiación, antena, bombilla, GSM, UMTS y teléfono móvil.

Abstract

This proposal focuses on a methodology of work in the classroom for teachers and students applying various experiences to teach the concept of electromagnetic radiation in a more practical and more motivating way theoretical, since in her mobile phone is used. A device but not the student recognizes that serves as a telephone for communication but as an object that radiates electromagnetic radiation which can be measured qualitatively by bulbs and antennas. First antennas agreement is designed to frequencies emitted by each mobile phone either the GSM or UMTS technology, then the experiences that respond to questions raised by the students which were refuted or not in the course of activities built . Finally, the impact of the methodology in terms of motivation and learning of students with such experiences was measured.

Keywords: Electromagnetic waves, electromagnetic radiation, antenna, lamp, GSM, UMTS and mobile phone.

Contenido

Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XIV
Introducción	1
1. Antecedentes y Problemas de Enseñanza-Aprendizaje	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Problemas de Enseñanza-Aprendizaje	5
2. Marco Teórico	7
2.1 Teoría de Aprendizaje	7
2.1.1 Aprendizaje Significativo	7
2.1.2 Condiciones para un aprendizaje significativo con una experiencia en el aula	10
2.2 Teoría Electromagnética	10
2.2.1 Ondas Electromagnéticas	10
2.2.2 La Radiación Electromagnética	14
2.2.3 Teoría de Antenas	16
2.2.4 Tecnologías de los Teléfonos Móviles	20
2.2.5 Diseño de la antena	22
3. Objetivos	29
3.1 Objetivo General	29
3.2 Objetivos Específicos	29
3.2.1 Utilizar antenas tipo dipolo de media longitud de onda para identificar la recepción y emisión de ondas electromagnéticas producidas por los teléfonos móviles	29
3.2.2 Medir el tiempo de propagación de las ondas electromagnéticas de acuerdo al medio (número de repetidores) y al teléfono móvil utilizado.	29
3.2.3 Indagar sobre la intensidad de la radiación de la onda electromagnética emitida y recibida con ayuda de las antenas y bombillas sobre el teléfono móvil como sensores.	29
3.2.4 Verificar el cambio de intensidad de la radiación con la distancia al emisor utilizando una antena receptora sobre el teléfono móvil.	29
4. Desarrollo de la Experiencia	30
4.1 Metodología	30
4.1.1 Población	31
4.1.2 Muestra	31
4.1.3 Recursos y/o Equipos	31
4.1.4 Hipótesis	33
4.2 Desarrollo de la Propuesta	33
4.2.1 Fase 1: Identificación los elementos constituyentes de una antena	33
4.2.2 Fase 2: Pruebas a las antenas	33
4.2.3 Fase 3: Practicas guiadas	39
4.2.4 Fase 4: Resultados de la evaluación de la metodología.	46

5. Conclusiones y recomendaciones	49
5.1 Conclusiones.....	49
5.2 Recomendaciones	52
A. Anexo: Experimento: ¿El nivel de la radiación emitida de un móvil es siempre el mismo?	53
B. Anexo: Experimento: ¿La radiación emitida de un móvil depende del ruido ambiental?	55
C. Anexo: Experimento: Experimento: ¿La señal de un móvil depende de la distancia?	57
D. Anexo: Evaluación de la comprensión de la radiación electromagnética	59
E. Anexo: Resultados del cuestionario de la evaluación final	61
F. Anexo: Cuestionario evaluación de la metodología de trabajo.....	63
Bibliografía	65

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1 Línea de transmisión abierta.....	23
Figura 2-2 Línea de transmisión abierta con el doblez de $\lambda/2$	24
Figura 2-3 http://www.barthelme.de/de/maindetail/00901512/eisenbahn-und-spielzeuglampen-ult-mic-gluehlampe-0-75x3-5mm-5st-btl-.aspx	25
Figura 2-4 Antenas para ponerle a los celulares de acuerdo a su frecuencia.	26
Figura 4-1 Detector de UHF Detekt-us.....	32
Figura 4-2 Teléfonos Móviles con tecnología GSM.	32
Figura 4-3 Teléfonos Móviles con tecnología UMTS	32
Figura 4-4 Forma de poner las antenas en los celulares.	35
Figura 4-5 Escala de valoración de acuerdo a la iluminación de la bombilla.....	36
Figura 4-6 Repuestas de los estudiantes sobre las 2 tecnologías de los celulares	37
Figura 4-7 Experimentos con diferentes materiales de apantallamiento.	42
Figura 4-8 Experimento de la Jaula de Faraday.....	43
Figura 4-9 Fotos de la vista superior de la Institución Educativa Escuela Normal Superior “María Auxiliadora” de Copacabana (Ant.).....	44
Figura 4-10 Resultados de la experiencia ¿Qué lugares hay mejor señal en la Institución?	46
Figura 5-1 Conclusiones y Recomendaciones hechas por los estudiantes.....	51
Figura 5-2 Esquemático del circuito a construir para que sea un detector de radiación. .	28

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
\vec{B}	Inducción magnética	T	
\vec{D}	Vector desplazamiento eléctrico	C·m ⁻²	
\vec{E}	Intensidad de campo eléctrico	V·m ⁻¹	
\vec{F}	Fuerza electromagnética	N	$q[\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}]$
\vec{H}	Intensidad de campo Magnético	A·m ⁻¹	$\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$
\vec{J}	Densidad de corriente eléctrica	A·m ⁻¹	
\vec{M}	Imantación o Magnetización	A·m ⁻¹	
\vec{S}	Vector de Poynting	W/m ²	$\frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$
\vec{v}	Velocidad	$\frac{m}{s}$	$\frac{dr}{dt}$
f	Frecuencia	Hz	
I	Corriente eléctrica	A	$\frac{\partial Q}{\partial t}$
L	Longitud	m	DF
Q	Carga eléctrica	C	
S	Área superficial	m ²	$\iint dx dy$
t	tiempo	s	DF
T	Periodo de la onda	s	
V	Volumen	m ³	$\int dr^3$

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
μ	Permeabilidad magnética absoluta	N·A ⁻²	$\frac{B}{H}$
ϵ	Permisividad eléctrica	Fm ⁻¹	$\frac{D}{E}$

Subíndices

Subíndice	Término
0	Estado de referencia o en el vacío
L	Libre
T	Total

Superíndices

Superíndice Término

n	Exponente, potencia
---	---------------------

Abreviaturas

Abreviatura Término

BSC	Controlador de Estación Base
BSS	Subsistema de Estación Base
BTS	Estación Tráseptora de Base
CDMA	Acceso Multiple por División de Código
GSM	Global System for Mobile Communications o Groupé Special Mobile. Un estándar de 2 ^a generación o 2G
HF	Hight Frecuency
IEEE	Institution of Electrical and Electronics Engineer
LC	Circuito resonante compuesto por una bobina L y un condensador C.

MEN	Ministerio de Educacion Nacional
MS	Estación Movil
NSS	Network and Switching Sub-system
PEI	Proyecto Educativo Institucional
RF	Radio Frecuency
SAR	Specific Absorption Rate
TDMA	Acceso Multiple por División de Tiempo.
UHF	Ultra Hight Frecuency
UIT	United International Telecommunication
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. Un estandar de 3 ^a generación o 3G

Introducción

Podría pensarse que lo más importante de las tecnologías hoy en día es la tecnología móvil y su impacto sobre la sociedad, no obstante ello comenzó en el siglo XIX con el descubrimiento de las leyes de la electricidad y del magnetismo.

A mediados del siglo XIX se había extendido por los países desarrollados la utilización del telégrafo, lo que llevó a pensar a los hombres de la época en la construcción de un cable submarino que fuera de Inglaterra a los Estados Unidos, aún hoy existen este tipo de cables, un ejemplo es el que rodea parte del continente africano, el cual tiene más de 27000 Km de longitud.

Serían posteriormente Guglielmo Marconi en 1899 y Nicola Tesla en 1891 quienes concretarían la invención de la radio o telegrafía sin hilos, como se le llamó en ese momento, invención que fue posible gracias a la construcción de antenas. Después vendría la televisión, la cual supondría el principio de una nueva etapa para los medios de comunicación.

Con el tiempo la teoría desarrollada por James Clark Maxwell en 1831, fue desligada de toda referencia mecánica, razón por la que actualmente la teoría electromagnética es abstracta para los estudiantes y por la cual la manera de enseñarla ha sido teórica y no práctica. Es debido a ello que este trabajo formula una propuesta de instrucción a través de experiencias de aula.

Es común ver antenas ubicadas en la parte superior de edificios, también en algunas radios y en teléfonos móviles, lo que indica que unas son grandes y otras pequeñas, unas son simples y otras con formas geométricas más complejas, llamadas parabólicas. Pese a ello, en esta propuesta se trabaja solamente con las más simples posible con el objetivo de medir cualitativamente la radiación de los teléfonos móviles.

Fue parte de esta propuesta el diseño de antenas para teléfonos móviles, tanto para los de tecnología GSM (Global System Mobile) como para los de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Dichos diseños sirvieron para identificar algunas variables de la radiación electromagnética producida por los teléfonos. Se diseñaron, además, algunas experiencias con teléfonos móviles en las cuales los estudiantes diferenciaron los dos tipos de tecnología, así como qué otros factores interfieren en la comunicación entre celulares y en qué momentos de ella se produce mayor radiación.

Los teléfonos móviles hoy son parte fundamental de la vida social de las personas, y los estudiantes no son ajenos a ello, por eso el utilizarlos en las clases podría ser útil, en la medida en que sería llamativo para ellos. En este trabajo con los teléfonos móviles se intenta que a través de experiencias sencillas, los estudiantes identifiquen algunas de las variables que intervienen en la radiación electromagnética.

En esta propuesta se busca que en el transcurso de las actividades experimentales los estudiantes refuten o afirmen las preguntas que formularon.

Los resultados de la presente investigación dan cuenta de la comprensión significativa de las variables que intervienen en la radiación como la distancia, la tecnología del teléfono de acuerdo a su frecuencia de comunicación, los materiales que producen más interferencia, el tiempo que tarda la comunicación y la velocidad con la que se propagan las ondas electromagnéticas y la relación entre la longitud de la onda y su frecuencia.

1. Antecedentes y Problemas de Enseñanza-Aprendizaje

1.1 Antecedentes

La enseñanza de las Ciencias Naturales en la sociedad actual es importante, pues influye en la formación de seres capaces de pensar de forma autónoma y crítica en contextos que involucren la ciencia y la tecnología, en especial en lo referente al uso de las tecnologías de las cuales los estudiantes son usuarios. Por tal motivo, el abordar el tema de la radiación electromagnética y de la identificación de esta con la experiencia con los teléfonos móviles que más se usan en la vida diaria, es un factor de motivación para los alumnos, ya que a partir de elementos que les son comunes, se pretende su reconocimiento no sólo como dispositivos de distracción, sino además como elementos fruto del desarrollo de la ciencia y de los cuales se pueden aprender aspectos particulares de la física.

Conforme con lo anterior, se justifica el hecho de que la educación en Ciencias Naturales haya despertado interés en los entornos de pedagogos y maestros de éstas áreas, por ende los estudiantes, futuros ciudadanos, serán capaces de enfrentar una sociedad cambiante tanto científica como tecnológicamente (García A., Devia R., Díaz S., 2003, p. 91).

Por tal motivo, se ha buscado fortalecer y evaluar la enseñanza – aprendizaje en ésta área a través de pruebas internacionales y nacionales, así como generar cambios en las políticas educativas en relación con el tema. Una de las pruebas internacionales que evalúa el desempeño en Ciencias Naturales es la Prueba PISA, la cual busca identificar aptitudes para la resolución de problemas concentrándose en esencia en competencias más no en contenidos. En particular la propuesta didáctica que se describirá, permitirá generar la habilidad de resolver problemas de las aplicaciones del uso de la radiación electromagnética, especialmente por la metodología que se sugiere en ella.

De las políticas educativas nacionales que se han revisado en la última década, se han derivado los estándares de Educación propuestos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, que son lineamientos que orientan al docente hacia la enseñanza de un área, particularmente de las ciencias naturales, con el fin que se tengan criterios puntuales relacionados con el aprendizaje de los estudiantes. Los lineamientos de ciencias son un desafío que puede permitir el planteamiento de una posición crítica frente a los avances científicos, y como conocimiento pertinente en la aplicación a situaciones cotidianas.

Los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales guía N° 7 del año 2004 para el grado octavo y noveno indican las acciones de pensamiento y de producción concretas que los estudiantes deben realizar y como se conectan los siguientes pensamientos propios de las ciencias: **...”me aproximo al conocimiento como científico natural o social”** y **...” el manejo de los conocimientos propios de la ciencias naturales y sociales”** (pág. 10 MEN 2004 GUIA N°7)

En concordancia con lo anterior, se pretende que los estudiantes encuentren significado en lo que aprenden, que cuestionen lo enseñado y que establezcan relaciones entre la ciencia y otras disciplinas.

Por otra parte, con el fin de mejorar la calidad de la educación, se propone la comprensión de la ciencia como una práctica social que requiere la interacción entre pares y no como un método para “transmitir” una verdad absoluta, ya que se busca que sea interpretada como una práctica humana, que deviene del esfuerzo de personas. En este sentido, las instituciones educativas deberían ser más conscientes de que en ellas no sólo habitan conocimientos académico – científicos, sino además saberes populares, y culturales, y que por ello es indispensable tener en cuenta los saberes previos de los estudiantes, sea para ratificarlos o para enfocarlos hacia la ciencia escolar, según corresponda.

Retomar los saberes previos es fundamental, pues el excluirlos podría conducir a fortalecer la idea de que la ciencia es abstracta, lejana y sin sentido, porque está evidenciada en ideas sueltas de conceptos que son poco útiles para abordar un problema en su contexto diario y para argumentar puntos de vista en relación con ella. Cambiar

dicho preconcepto requiere que el docente sea un orientador de experiencias formuladas por el propio estudiante para que lo cuestionen y lo doten de herramientas que permitan que la enseñanza deje de ser simple instrucción y se convierta en construcción.

Adentrándonos en la estructura cognitiva o preconceptos de los aprendices, la conozco porque los estudiantes con los que se desarrolló la propuesta han visto la clase de física conmigo desde séptimo grado y la mayoría estudian en la Institución desde preescolar.

Estos saberes previos como las ondas mecánicas y las ondas sonoras; aunque también es importante si el material es llamativo para ellos lo que supone un componente psicológico por ello muchas de las prácticas experimentales surgieron partiendo de sus inquietudes a cerca de la comunicación por celular

1.2 Problemas de Enseñanza-Aprendizaje

La enseñanza de las ciencias no debería estar vinculada con la concepción de actividad científica que tienen los maestros, pues al concebirla como un cúmulo de conocimiento al cual se accede a través de un seguimiento riguroso, mecánico y poco flexible sin la aplicación de ningún pensamiento crítico, los estudiantes no lograrán comprender nada significativamente.

La enseñanza de las Ciencias en Colombia, tomando como eje rector los estándares en ciencias del MEN, está organizada para dos grados; con ciertas subdivisiones como las siguientes:

1. Aproximación al conocimiento científico natural
2. Manejo de conocimientos propios de las ciencias naturales
3. Desarrollo de compromisos personales y sociales

En consonancia con la anterior relación de los estándares, y en particular de los aspectos: Entorno físico y Tecnología y Sociedad, es conveniente que estos

retroalimenten y enriquezcan el PEI (Proyecto Educativo Institucional) y el contexto educativo. Es por tal que el tema que convoca este trabajo y el PEI de la Institución Escuela Normal Superior María Auxiliadora, se integran pertinentemente de acuerdo a lo expuesto en los estándares para Ciencias Naturales, ya que con esta propuesta didáctica se busca la apropiación de conceptos que permitan formar una opinión crítica alrededor del uso de estos teléfonos móviles por parte de los estudiantes.

A partir de la línea de los estándares propuestos por el Ministerio de Educación es importante incorporar la teoría del aprendizaje significativo, pues en los lineamientos se resalta la importancia del papel de los estudiantes como sujetos activos en el proceso de aprendizaje.

En virtud de lo anterior el estudiante debe ser partícipe en la construcción de su saber, dado que la transmisión del docente o un libro no son suficientes para la apropiación de conceptos. Tampoco basta con contar a los estudiantes lo que ocurre ante cierto fenómeno, ni con entregar guías que indiquen cómo hacer una experiencia. Se deben crear situaciones que cuestionen y motiven a los jóvenes a enfrentarse a ellas para que en el desarrollo de las mismas se involucren en el proceso de investigación, como sucede con los científicos. (García A., et al., 2003, p. 107).

2. Marco Teórico

2.1 Teoría de Aprendizaje

2.1.1 Aprendizaje Significativo

Probablemente la idea más importante de la teoría de Ausubel y sus posibles implicaciones para la enseñanza y para el aprendizaje puedan ser resumidas en la siguiente proposición, de su autoría (1978, p. iv):

"Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averígüese esto y enséñese de acuerdo con ello".

Nos centraremos la idea de los preconceptos del estudiante, se supone que los estudiantes por estar en noveno grado en nuestra Institución deben al menos identificar los procesos de elaboración inferencias partiendo de lo experimental, de algunas herramientas matemáticas como las funciones, parte del álgebra y de geometría como las características de una esfera, la identificación de las características de una onda (velocidad, frecuencia y longitud de onda entre otras) y de las ideas del manejo de sus teléfonos móviles y de cómo conectar dichos dispositivos a una red inalámbrica wifi y del funcionamiento básico de un celular, es decir, como realizar llamadas y enviar mensajes de texto.

La otra parte de la frase habla de "Averígüese esto" esto lo hicimos con los estudiantes, debido a que ellos están conmigo desde hace 2 años los he podido conocer y los evaluado me puedo dar cuenta un poco de sus estructuras cognitivas preexistentes, es decir, hice un mapeo de sus conocimientos.

Finalmente, "enséñese de acuerdo con ello", los contenidos que se plasman acá en la propuesta es la radiación electromagnética pero sobre todo esta frase tiene que ver con el cómo, o sea, la enseñanza que es lo que más le dimos relevancia en este trabajo que es la utilización de material que los estudiantes tienen disponibles y les es atractivo para ellos.

Los conceptos subsumidores son los que deben tener anclados los estudiantes de los componentes de matemáticas, ética, ciencias naturales pero sobre todo de la física como componente principal de este trabajo y esperar que estos sirvan para adquirir los nuevos aprendizajes de la teoría electromagnética y sobre todo sobre la radiación electromagnética.

Se busca también que los conceptos subsumidores y los nuevos interactúen constantemente porque no queremos que sea una simple asociación arbitraria sino una interacción que busque lo relevante y lo haga emerger cuando lo necesite el estudiante.

Este aspecto nos llevó a pensar en la experimentación como medio de aprendizaje más asertivo para el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Por lo tanto, una de las condiciones para que se dé el aprendizaje significativo es que el material que va a ser aprendido sea relacionable (o incorporable) a la estructura cognitiva del aprendiz, de manera no arbitraria y no literal. Un material con esa característica es potencialmente significativo.

Para que un material sea potencialmente significativo supone dos condiciones: la naturaleza del material, en sí, y la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz. En cuanto a la naturaleza del material, debe tener "significado lógico" de modo que pueda relacionarse, de forma sustantiva y no arbitraria, con ideas relevantes con las que se corresponda, que se sitúen dentro del dominio de la capacidad humana de aprender. En lo que se refiere a la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz, en ella deben estar disponibles los conceptos subsumidores específicamente relevantes con los cuales el nuevo material es relacionable.

Debido a esto el año anterior el contenido central fueron las ondas mecánicas, ondas electromagnéticas y finalizar con la radiación electromagnética que es el principal enfoque de este trabajo de grado.

Ausubel distingue tres tipos de aprendizaje significativo, según él (1978, p.57),

"Es importante reconocer que el aprendizaje significativo (independientemente del tipo) no quiere decir que la nueva información forma, simplemente, una especie de ligazón con elementos preexistentes en la estructura cognitiva. Al contrario, es solamente en el aprendizaje mecánico en el que una ligazón, arbitraria y no sustantiva, se produce con la

estructura cognitiva preexistente. En el aprendizaje significativo, el proceso de adquisición de informaciones resulta de un cambio, tanto de la nueva información adquirida como del aspecto específicamente relevante de la estructura cognitiva en la cual ésta se relaciona".

El aprendizaje de conceptos es, en cierta forma, un aprendizaje representacional, pues los conceptos son, también, representados por símbolos particulares, pero son genéricos o categóricos dado que representan abstracciones de los atributos criteriosales (esenciales) de los referentes, es decir, representan regularidades en objetos o eventos. Ausubel (1978, p.86) define conceptos como "objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos criteriosales comunes y se designan, en una cultura dada, por algún signo o símbolo aceptado".

En el trabajo, se apunta con los estudiantes a un aprendizaje de conceptos de las experiencias de aula mostradas en clase y que ellos van construyendo a medida que profundizamos en el tema.

Según Ausubel (1978, pp.146-147), la comprensión genuina de un concepto o proposición implica la posesión de significados claros, precisos, diferenciados y transferibles. Pero, al evaluar esa comprensión, simplemente pidiendo al estudiante que diga cuáles son los atributos criteriosales de un concepto, o los elementos esenciales de una proposición, se pueden obtener apenas respuestas mecánicamente memorizadas. Argumenta que una larga experiencia en realizar exámenes hace que los alumnos se habitúen a memorizar, no solamente proposiciones y fórmulas, sino también causas, ejemplos, explicaciones y maneras de resolver "problemas típicos". Propone entonces que, al buscar evidencias de comprensión significativa, la mejor manera de evitar la "simulación del aprendizaje significativo" es formular cuestiones y problemas de manera nueva y no familiar que requieran máxima transformación del conocimiento adquirido.

Las evaluaciones de comprensión deben, por lo menos, ser escritas de manera diferente y presentadas en un contexto, en cierta forma, diferente de aquello que se encuentra originalmente en el material instruccional.

2.1.2 Condiciones para un aprendizaje significativo con una experiencia en el aula

La teoría de aprendizaje significativo de Ausubel plantea que este sea posible es indispensable que se den 2 condiciones:

- Disposición para el aprendizaje
- Material potencialmente significativo

La segunda condición sobre el material, este debe estar compuesto por elementos organizados en una estructura de manera tal que la partes no se relacionen de modo arbitrario. Pero no siempre esta condición es suficiente para que el aprendizaje significativo se produzca, sino es necesario que determinadas condiciones estén presentes en el sujeto:

Que la persona debe tener motivación. Ausubel señala dos situaciones frecuentes en la instrucción que anulan la predisposición para el aprendizaje significativo. En primer lugar, menciona que los alumnos aprenden las "respuestas correctas" descartando otras que no tienen correspondencia literal con las esperadas por sus profesores y en segundo lugar, el elevado grado de ansiedad o la carencia de confianza en sus capacidades. Claro que para que esto carencia de confianza se supere es necesario es necesario que el sujeto posee unos preconceptos que le permita incorporar el nuevo material a la estructura cognitiva.

2.2 Teoría Electromagnética

2.2.1 Ondas Electromagnéticas

Una onda se le llama al fenómeno físico que se presenta al perturbar una propiedad (densidad, presión, campo eléctrico o magnético, etc.) que posea un medio como el aire,

el agua, el espacio-tiempo, aunque James Clerk Maxwell hablaba de un medio llamado “éter”. En esta onda se transporta energía pero no materia.

Los siguientes son los elementos de una onda electromagnética:

Cresta: La cresta es el punto de máxima elongación o máxima amplitud de onda; es decir, el punto de la onda más separado de su posición de reposo.

Valle: Es el punto más bajo de una onda.

Período (T): El periodo es el tiempo que tarda la onda en ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.

Amplitud (A): La amplitud es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda. Nótese que pueden existir ondas cuya amplitud sea variable, es decir, crezca o decrezca con el paso del tiempo.

Frecuencia (f): Número de veces que es repetida dicha vibración por unidad de tiempo. En otras palabras, es una simple repetición de valores por un período determinado.

$$T = n/f$$

Longitud de onda (λ , lambda): Es la distancia que hay entre el mismo punto de dos ondulaciones consecutivas, o la distancia entre dos crestas consecutivas.

Nodo: Es todo punto de una onda estacionaria cuya amplitud es cero en cualquier momento.

Velocidad de propagación (v): es la velocidad a la que se propaga el movimiento ondulatorio. Su valor es el cociente de la longitud de onda y su período. $v = \lambda/T$

La ecuación de onda de una propagación de campo eléctrico en dirección x en el espacio es

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

Tanto la intensidad de campo eléctrico como la intensidad de campo magnético son perpendiculares a la dirección de propagación x . El símbolo c representa la velocidad de la luz. La ecuación de onda electromagnética se deriva de las ecuaciones de Maxwell (libro de Álvaro Gaviria "teoría electromagnética"). La forma de la solución de onda plana para la intensidad de campo eléctrico y de la intensidad de campo magnéticos es

$$E = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

Y para la intensidad de campo magnético

$$B = B_0 \sin(kx - \omega t)$$

De acuerdo a las ecuaciones de Maxwell, esta solución se relacionan por:

$$\frac{E_0}{B_0} = c$$

También hay otra relación deducida por Maxwell:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon\mu}}$$

Las intensidades de campo magnético B y de la de campo eléctrico E , en la orientación donde el producto vectorial $E \times B$ se encuentra en la dirección x de la propagación de la onda

La tasa de transporte de energía S en la dirección de propagación de la onda. Las ondas electromagnéticas viajan con energía a través del espacio. Hay una densidad de energía asociada a las intensidades de campos eléctricos y magnéticos y dicha tasa de transporte energía por unidad de área se denomina vector de Poynting:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

La condición de la solución de la onda para una onda plana es $B_m = E_m/c$, de modo que la intensidad media de una onda plana puede ser escrita

$$S = \frac{1}{c\mu_0} E_0^2 \sin^2(kx - \omega t)$$

$$S = \frac{1}{c\mu_0} \frac{E_0^2}{2}$$

Esto hace uso del hecho de que el promedio de una función sinusoidal al cuadrado sobre un número entero de períodos es exactamente $1/2$.

- **Espectro electromagnético**

Las ondas electromagnéticas se pueden agrupar bajo diferentes rangos de frecuencia o longitud de onda, aunque no existe un límite muy preciso para cada grupo, además una misma fuente puede generar al mismo tiempo ondas de varias tipos de frecuencias.

Los rangos de ondas se clasifican así:

- **Ondas de radio:** Son las utilizadas en telecomunicaciones e incluyen las ondas de radio y televisión. Su frecuencia oscila desde unos pocos hercios hasta mil millones de hercios. Se originan en la oscilación de la carga eléctrica en las antenas emisoras (dipolo radiante).
- **Ondas de radio microondas:** Se utilizan en las comunicaciones del radar o la banda UHF (Ultra High Frequency) y en los hornos de las cocinas. Su frecuencia va desde los mil millones de hercios hasta casi el billón. Se producen en oscilaciones dentro de un aparato llamado magnetrón. El magnetrón es una cavidad resonante formada por dos imanes de disco en los extremos, donde los electrones emitidos por un cátodo son acelerados originando los campos electromagnéticos oscilantes de la frecuencia de microondas.
- **Infrarrojos:** Son emitidos por los cuerpos calientes. Los elementos energéticos implicados en rotaciones y vibraciones de las moléculas caen dentro de este rango de frecuencias. Los visores nocturnos detectan la radiación emitida por los cuerpos a una temperatura de 37°C . Sus frecuencias van desde 10^{11}Hz a $4 \times 10^{14}\text{Hz}$. Nuestra piel también detecta el calor y por lo tanto las radiaciones infrarrojas.

- **Infrarrojos - luz visible:** Incluye una franja estrecha de frecuencias, los humanos tenemos unos sensores para detectarla (los ojos, retina, conos y bastones). Se originan en la aceleración de los electrones en los tránsitos energéticos entre órbitas permitidas. Entre 4×10^{14} Hz y 8×10^{14} Hz.
- **Infrarrojos - luz visible, ultravioleta:** Comprende de 8×10^{14} Hz a 1×10^{17} Hz. Son producidas por saltos de electrones en átomos y moléculas excitados. Tiene el rango de energía que interviene en las reacciones químicas. El sol es una fuente poderosa de UVA (rayos ultravioleta) los cuales al interactuar con la atmósfera exterior la ionizan creando la ionosfera. Los ultravioleta puede destruir la vida y se emplean para esterilizar. Nuestra piel detecta la radiación ultravioleta y nuestro organismo se pone a fabricar melanina para protegernos de la radiación. La capa de ozono nos protege de los UVA.
- **Rayos X:** Son producidos por electrones que saltan de órbitas internas en átomos pesados. Sus frecuencias van de 1×10^{17} Hz a 1×10^{19} Hz. Son peligrosos para la vida: una exposición prolongada produce cáncer.
- **Rayos Gamma:** comprenden frecuencias mayores de 1×10^{19} Hz. Se origina en los procesos de estabilización en el núcleo del átomo después de emisiones radiactivas. Su radiación es muy peligrosa para los seres vivos.

2.2.2 La Radiación Electromagnética

Las palabras “radiación electromagnética” vamos a separar en “radiación” y “electromagnetismo” o más bien en “radiación de ondas electromagnéticas”, la palabra “radiación” significa la acción de irradiar o emitir ondas electromagnéticas y también se incluye la propagación con se emite estas ondas. Históricamente la radiación tiene una percepción por la mayoría de las personas como algo peligroso pero no todas las radiaciones presentan algún perjuicio para el hombre.

Se habla de que el horno microondas emite ondas electromagnéticas de longitudes de onda muy pequeñas por eso se debe su nombre este fenómeno en el horno ha sido

considerado muy peligroso pero sin embargo no hablamos nunca de que “Mi equipo de música capta una emisora de radiación FM”. Se dice que “el horno calienta el alimento con radiación de microondas” pero nunca “la chimenea de mi casa me calienta gracias a la radiación infrarroja”. Es decir, en la palabra radiación se confunden fenómenos de distinta naturaleza: “La radiación del microondas calienta el alimento” con “La radiación emitida por la bomba de Hiroshima mató a cientos de personas”. (Uno es un fenómeno electromagnético y el otro es un fenómeno radioactivo). Así nunca decimos la bombilla emite radiación sino que emite luz, con los aportes de Albert Einstein y Max Planck al explicar el efecto fotoeléctrico se llega a la conclusión de que la luz se comporta como partícula y como onda por eso la luz realmente también se trata de radiación electromagnética.

En definitiva, la palabra radiación no tiene un significado concreto, la población ha ampliado su rango de definición hasta ser una palabra que sirve para casi todo.

Al carecer de un significado concreto, la palabra radiación sería amplísima, y por tanto no tiene sentido hablar de radiación sin especificar su tipo, es decir, lo que se irradia.

Así podríamos dividir la radiación en tres tipos fundamentales:

1. La que resulta de la propagación de energía mecánica a través de un medio. Por lo regular no se llama radiación.
2. La que es producto de la emisión de partículas subatómicas alfa, beta o gamma. Así hablamos de radiación alfa, beta, gamma, respectivamente.
3. La Radioactividad que es la radiación que procede del núcleo atómico.

Si la emisión son partículas llamadas fotones se denomina radiación electromagnética. Esta la podemos clasificar la de acuerdo a su frecuencia (o a su longitud de onda), es lo que se denomina espectro electromagnético. Estos fotones tienen una energía que depende de su frecuencia.

Si la radiación electromagnética produce que un electrón escape del átomo, decimos que este átomo está ionizado y si este electrón puede crear un enlace con otro átomo esto puede ser perjudicial para la molécula. Por radiaciones mayores a la Ultravioleta se dice que la radiación es ionizante.

El efecto de la radiación electromagnética del orden de microondas como es el caso de los teléfonos móviles no son ionizantes, el único efecto conocido es el de aumentar la temperatura. A bajas frecuencias, del orden de microondas, la radiación electromagnética se comporta más como una onda y deja de apreciarse sus efectos como partícula. Las emisiones se vuelven menos direccionales, es decir, tienden a propagarse en todas direcciones y sortean mejor los obstáculos pequeños.

2.2.3 Teoría de Antenas

Las Antenas están consideradas como uno de los elementos más importantes requerido en un proceso de comunicación inalámbrico; estos teléfonos están específicamente diseñados para radiar o recibir ondas electromagnéticas, adaptando en todo momento ondas guiadas, las cuales se transmiten a través de conductores o guías, facilitando con ello su propagación en el espacio libre.

Una definición mucho más técnica, establecida por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), define una antena como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas” (IEEE Std. 145-1983).

La misión de la antena es irradiar la potencia que se le suministra con las características de direccionalidad adecuadas según su aplicación. Por ejemplo, en radiodifusión o comunicaciones móviles se acostumbra el uso de antenas que permitan irradiar una zona en forma omnidireccional, caso contrario a las aplicaciones orientadas a las radiocomunicaciones fijas en donde se busca que la radiación sea enfocada hacia un solo sentido, es decir, requieren el uso de antenas direccionales.

Las antenas pueden ser de diferentes tipos, esto varía según la aplicación que se requiera y los parámetros de configuración y de sintonía propios del sistema de transmisión o recepción, en donde el fin principal es el de poder concentrar una cantidad de energía, lograr irradiarla y poder en algún instante detectar ésta energía en un punto distante y convertirla nuevamente en su forma original para realizar una tarea específica.

Se puede decir que las funciones básicas de una antena son dos: transmitir y recibir, definiendo cada aplicación condiciones particulares sobre la direccionalidad de la antena, niveles de potencia que debe soportar, frecuencia de trabajo y otros parámetros que serán expuestos posteriormente.

Según la aplicación que requiera el uso de antenas, es necesario tener claro el valor de la frecuencia de la señal a irradiar; las antenas tienen unas características de impedancia y de radiación las cuales dependen directamente del valor de la frecuencia a utilizar. El análisis de dichas características se realiza a partir de las ecuaciones de Maxwell en el dominio de la frecuencia, utilizando las expresiones de los campos en forma compleja o fasorial. Cada aplicación y cada banda de frecuencias presentan características peculiares que dan origen a una gran variedad de formas y tipos de antenas.

En los sistemas de radiocomunicación los transmisores y los receptores están conectados a través de una línea de comunicación acoplándose al espacio libre a través de antenas. Una antena es un dispositivo pasivo el cual no puede amplificar una señal, es considerado un dispositivo recíproco porque las características y el desempeño de transmisión y recepción son idénticas tales como: ganancia, directividad, frecuencia de operación, resistencia de radiación, ancho de banda, eficiencia entre otros parámetros.

Una antena permite acoplar un sistema de radiocomunicación en forma semejante a un transformador en donde son acopladas las ondas electromagnéticas propagadas por el espacio libre con el sistema electrónico. Un sistema de acoplamiento con una antena se puede representar con una red de cuatro terminales, en donde, la energía electromagnética debe ser transferida desde la antena transmisora hacia el espacio libre y una segunda etapa, donde la energía es tomada del espacio libre hacia una antena receptora.

Las antenas de transmisión deben ser capaces de manipular potencias grandes por lo cual exige su construcción con materiales resistentes, sin embargo, para el caso de las antenas de recepción basta con alambres de diámetros pequeños debido a que los voltajes y corrientes que se circular a través de ellos son muy pequeños.

Existen casos en donde se utiliza la misma antena para enviar y recibir señales, hay que tener en cuenta que las potencias utilizadas para transmisión son elevadas y las potencias de recepción son bajas en cuyo caso es necesario incorporar un sistema de

aislamiento para transmisión y recepción con la misma antena evitando que grandes cantidades de potencia puedan alcanzar el circuito receptor el cual es bastante sensible en cuyo caso es recomendado utilizar un elemento especial para tal fin conocido como diplexor.

La antena debe transferir la máxima cantidad de energía desde el cable o guía onda procedente del transmisor hacia la dirección donde se encontrará la estación receptora correspondiente. Para ello, la impedancia característica de la antena debe acoplarse a la impedancia del cable o guía onda a la cual está conectada.

Los cables coaxiales se producen con impedancias de 50 o 75 Ω . En televisión se utiliza frecuentemente el valor de 75 Ω , pero en todas las demás aplicaciones el valor predominante es de 50 Ω y es el que utilizaremos en esta unidad. Cuando la impedancia de la antena es diferente a la de la guía onda o cable que la alimenta, parte de la energía entregada a la antena se reflejará hacia el alimentador donde puede inclusive causar daños en el transmisor. En todo caso disminuye la cantidad de energía disponible para la comunicación, por lo que es necesario siempre esmerarse para lograr que la impedancia del alimentador se acople a la de la antena. Las pérdidas por desacoplamiento de impedancia son fácilmente calculables. Un aspecto fundamental de las antenas es el principio de reciprocidad, que establece que el comportamiento de la antena en transmisión es idéntico al comportamiento de la antena en recepción. Esto permite enfocar nuestras ideas hacia la transmisión o recepción, según sea más fácil, y luego extender el concepto hacia el comportamiento recíproco. Así, una antena que transmita máxima señal en una dirección dada, también recibirá máxima señal en esa misma dirección.

Entre las principales características de las antenas podemos encontrar:

Ganancia de la antena

Diagrama de radiación o patrón de radiación

Ancho del haz

Impedancia de entrada

Polarización

Otras características, entre las cuales se encuentra el cociente entre la ganancia del lóbulo principal y el lóbulo trasero o " Front to back ratio", la Pérdida de retorno y el Ancho de banda.

Las antenas básicas son:

- **Doblete elemental:** El doblete elemental o dipolo corto, es el tipo más sencillo de antena que existe; el término corto significa que es inferior a media longitud de onda, aunque físicamente es difícil su construcción es útil para comprender antenas más prácticas.
- **Dipolo de media onda:** El dipolo lineal de media onda es el tipo más común de antena para frecuencias superiores a 2 MHz también llamada antena de Hertz. Este tipo de antena es una antena resonante, esto significa, que tiene un múltiplo de cuartos de longitud de onda de largo y un circuito abierto en los extremos lejanos. En éste tipo de antena, cada polo es visto como un tramo correspondiente a una línea de transmisión de un cuarto de longitud de onda, presentándose en él máximos de voltaje y corriente en sus extremos y valores mínimos en la parte media. De acuerdo con lo anterior, su impedancia varía, obteniéndose un valor máximo en los extremos aproximadamente de 2500 Ω hasta un valor mínimo ubicado en el punto de alimentación entre 68 Ω y 70 Ω .
- **Antena monopolo o de Marconi:** Consiste en un tipo de antena de un cuarto de longitud de onda de largo, colocada en posición vertical, en donde uno de sus extremos se encuentra conectado a tierra o en forma directa al suelo. Sus características son muy semejantes a las de la antena de dipolo de media onda, presentando máximos valores de corriente y voltaje en sus extremos, en particular, sobre el extremo aterrizado. Las pérdidas en éste tipo de antenas se relacionan directamente con el tipo del terreno donde se encuentra la antena aterrizado, es decir, si el terreno es buen conductor (arcilloso) o mal conductor (arenoso), en donde para reducir las pérdidas es necesario implementar

un sistema de polo a tierra mejorando la calidad y humedad del terreno a través de técnicas y materiales especiales.

2.2.4 Tecnologías de los Teléfonos Móviles

Sistema GSM

Antes de la década de los ochenta existía en Europa un organismo Groupe Sociale Mobile, lo que dio pie al acrónimo GSM. Este proyecto tenía como objetivo poner fin a la incompatibilidad de sistemas en el área de las comunicaciones móviles y crear una estructura de sistemas de comunicaciones a nivel europeo. El GSM se diseñó para incluir una amplia variedad de servicios que incluyen transmisiones de voz y servicios de manejo de mensajes entre unidades móviles o cualquier otra unidad portátil.

Este Sistema Global para Comunicaciones Móviles es una tecnología inalámbrica de segunda generación (2G) que presta servicios de voz de alta calidad, así como servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas de espectro, entre ellas las de 850, 900, 1800 y 1900 MHz.

El GSM permite que varios usuarios compartan un mismo canal de radio merced a una técnica llamada multiplexado por división de tiempo (TDM), mediante la cual un canal se divide en seis ranuras de tiempo. Para la transmisión, a cada llamada se le asigna una ranura de tiempo específica, lo que permite que múltiples llamadas compartan un mismo canal simultáneamente sin interferir con las demás. Este diseño garantiza un uso efectivo del espectro y provee siete veces mayor capacidad que la tecnología analógica, que es una tecnología de primera generación (1G). GSM también utiliza una técnica llamada "frequency hopping" (salto de frecuencias) que minimiza la interferencia de las fuentes externas y hace que las escuchas no autorizadas sean virtualmente imposibles.

La arquitectura GSM consta de varios Subsistemas:

- **Estación Móvil (MS):** Se trata de teléfonos digitales que pueden ir integrados como terminales en vehículos, pueden ser portables e incluso portátiles. Un dispositivo SIM (Subscriber Identify Module) que es básicamente la típica tarjeta que proporciona la información de servicios e identificación en la Red.

- **Subsistema de Estación (BSS):** Es una colección de dispositivos que soportan el interface de radio de redes de conmutación. Los principales componentes del BSS son:
 - Estación Tranceptora de Base (BTS) - Consta de los módems de radio y el equipo de antenas.
 - Controlador (BSC) - Gestiona las operaciones de radio de varias BTS y conecta a un único NSS (Network and Switching Sub-System)
 - Subsistema de Conmutación y Red (NSS): Proporciona la conmutación entre el subsistema GSM y las redes externas.

Sistema UMTS

Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) es una tecnología inalámbrica de voz y datos a alta velocidad que integra la familia de normas inalámbricas de tercera generación (3G) IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La tecnología radial utilizada UMTS es la evolución desde GSM y es actualmente la opción de tecnología de 3G. Ofrece cobertura potencialmente mundial y permite economías de escala, roaming global, y una tecnología prioritaria para los desarrolladores de software y aplicaciones. La UMTS funciona en una diversidad de bandas de espectro nuevas y existentes, incluso la banda de 1900 MHz.

La UMTS es una tecnología basada en Protocolo de Internet (IP) que da soporte a voz y datos en paquetes y entrega velocidades de datos pico de hasta 2 Mbps y velocidades promedio de 220 a 320 Kbps cuando el usuario se encuentra caminando o conduciendo.

La UMTS está diseñada para entregar servicios ávidos de ancho de banda tales como streaming multimedia, transferencias de archivos pesados y video-conferencia a una gran variedad de dispositivos, entre ellos teléfonos celulares y computadoras portátiles.

La UMTS utiliza una combinación de las tecnologías Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) para hacer un uso

altamente eficiente del espectro. Un análisis conjunto realizado por los miembros de 3G Américas, publicado por Rysavy Research en noviembre de 2002, halló que, en comparación con otras tecnologías de la próxima generación, UMTS presenta la mayor eficiencia espectral para las velocidades de datos superiores a los 100 Kbps.

2.2.5 Diseño de la antena

La antena que vamos a construir para nuestras experiencias con los teléfonos móviles es una antena de dipolo que es muy pequeña con el punto de observación y con la longitud de onda radiada, entonces el punto P muy lejos, o sea que voy a detectar el alcance del campo muy lejos de la antena. La antena está alimentada por una línea de transmisión y se llama antena hertziana.

Una línea que termina en **circuito abierto**, representa una impedancia de carga equivalente a un circuito resonante paralelo LC (impedancia máxima) en sus extremos. En estas condiciones, se forma una **onda estacionaria** de tensión con un máximo de tensión y otra onda estacionaria con un mínimo de corriente. La formación de la onda estacionaria es consecuencia del avance de la onda incidente hacia la carga y del retroceso de la onda desde la carga hacia la fuente (onda reflejada).

A una distancia de $\lambda / 2$ mirando hacia el generador, se tendrá la respuesta de un circuito equivalente resonante serie LC (máxima corriente e impedancia mínima). Esto se muestra en la siguiente figura donde se observan las ondas estacionarias de tensión y de corriente, la distribución de las cargas eléctricas por efecto del campo eléctrico juntamente con las corrientes estacionarias producidas por el campo magnético alrededor del conductor.

De acuerdo a la figura siguiente se tiene Línea de transmisión abierta (sin carga) alimentada con un generador de RF y la formación de las ondas estacionarias de tensión y de corriente.

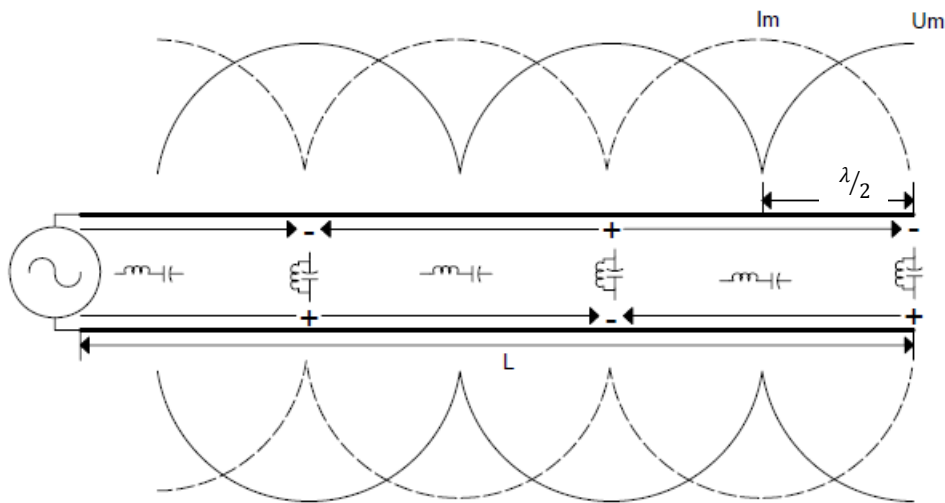


Figura 2-1 Línea de transmisión abierta.

Si realizamos ahora el doblez de cada una de las líneas a una distancia de $\lambda / 2$ desde los extremos formando un ángulo de 90° respecto al eje de cada una ellas, la onda de tensión en los extremos de cada conductor será la misma respecto a su plano origen de referencia, mientras que los campos eléctricos se va a distribuir en forma colineal en cada uno de los nuevos segmentos. Las corrientes en cada segmento tienen la misma dirección y por tanto los campos magnéticos en estos tramos no se anulan.

Esto es una aproximación llamadas líneas de transmisión donde se supone que la corriente que hay en la antena es la misma que hay cuando era línea de transmisión aunque teóricamente suene algo incorrecto pero se ha encontrado que experimentalmente se cumple para $L=\lambda$, $\lambda/2$ y $\lambda/4$ lo que implica que nuestra antena que es de $L= \lambda/2$ cumple que la corriente en la antena es la misma que en el alambre.

La disposición de estos dos segmentos de $\lambda / 2$ colineales recibe el nombre de **dipolo de 1 onda o antena de Hertz**.

Estos campos alineados en fase a través del dipolo de media onda pueden ahora convertirse en ondas electromagnéticas que se desplazan por el dipolo y se transfieren al espacio libre.

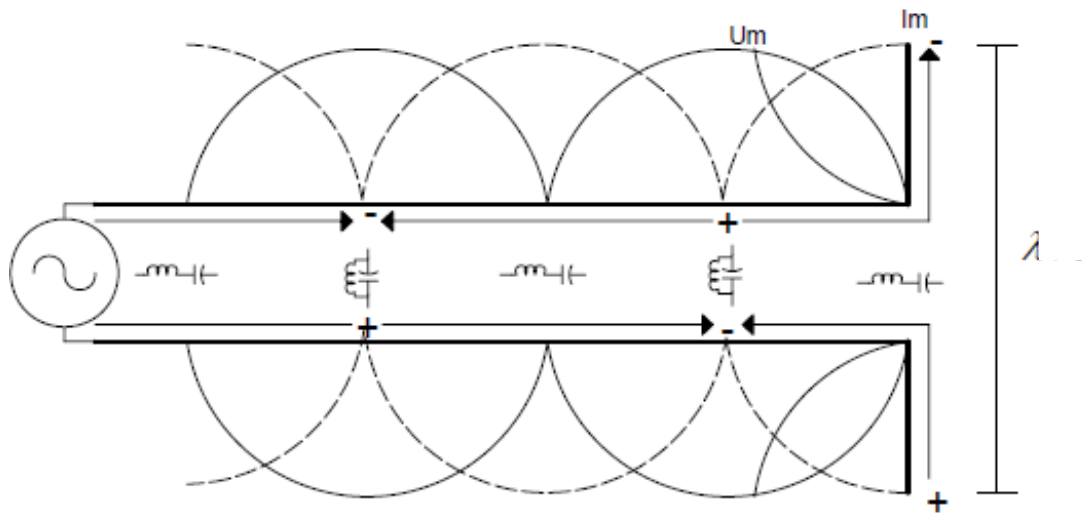


Figura 2-2 Línea de transmisión abierta con el doblez de $\lambda/2$

El campo magnético ocurre de manera similar, con la diferencia de que tiene su origen por la circulación de la corriente en el dipolo y alrededor del conductor en determinados instantes de tiempo, con la formación de valores máximos, mínimos y cero. Esto genera ondas viajeras de campo magnético que viajan en direcciones opuestas y normales al dipolo pero distribuidas en un plano perpendicular al campo eléctrico y en fase con el otro campo.

Se diseñaron las antenas de acuerdo a modelos que traía el profesor alemán y se decidió por la más sencilla que es la del alambre y la bombilla. Ver video (<https://www.youtube.com/watch?v=OKbwgqv4fQ>)

De acuerdo a las diferentes frecuencias ofrecidas por los operadores de celular y las redes de telefonía móvil, con estos datos construimos las antenas para cada móvil y dependiendo también de la tecnología si es GSM o UMTS realizamos los siguientes cálculos para los alambres funcionen como un dipolo receptor de $\lambda/2$.

- Para los de tecnología UMTS de frecuencia 900 MHz, se calcula la longitud del alambre para la antena.

$$c = \lambda \times f \rightarrow \lambda/2 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 9 \times 10^8 \text{ s}^{-1}} = \frac{1}{6} \text{ m} = 16.67 \text{ cm} \cong 16.7 \text{ cm}$$

- Para los de tecnología GSM de frecuencia 1800Mhz

$$c = \lambda \times f \rightarrow \lambda/2 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 18 \times 10^8 \text{ s}^{-1}} = \frac{1}{12} \text{ m} = 8.33 \text{ cm} \cong 8.3 \text{ cm}$$

La antena se compone de un alambre de cobre que actúa como un dipolo receptor, en medio del alambre se pone una bombilla led, para protegerla se pone un cartón debajo para evitar riesgo de ruptura por flexión del alambre y se fija con cinta al cartón.

- Características de la bombilla

Ultra Micro Glühlämpchen (Conrad-Electronic) con 1,55V / 12,5mA.

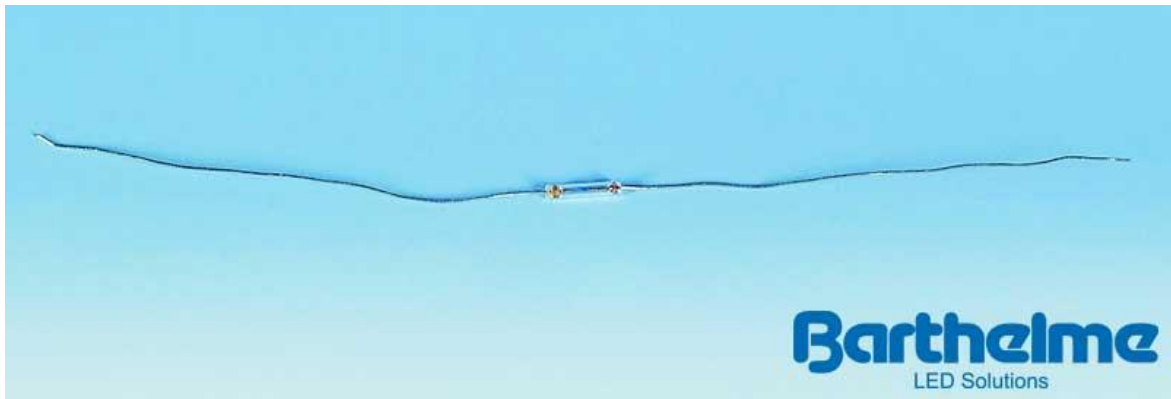


Figura 2-3 <http://www.barthelme.de/de/maindetail/00901512/eisenbahn-und-spielzeuglampen-ult-mic-gluehlampe-0-75x3-5mm-5st-btl-.aspx>.

- Características del alambre

Es un alambre de cobre de diámetro 0.2mm o 0.4mm.

Los teléfonos móviles GSM tienen un rango de control de potencia de transmisión de hasta 30 dB (factor de 1,000). A través de la medición continua de la potencia recibida en la estación base de la unidad móvil es instruido regularmente por algoritmos predeterminados para ajustar su potencia de transmisión en consecuencia. Esto ocurre continuamente durante la llamada. Hay algunos críticos que se quejan de que, el valor SAR se basa únicamente en el supuesto de que los daños en el cuerpo podría ser sólo por los efectos del calor - los llamados efectos térmicos darse, y otros efectos, como ya que los efectos de la radiación sobre el nivel del nervio es decir, efectos atérmicos desaparecerían con ella.

La radiación también puede ser proporcionada por un alambre. Aquí, el flujo de electrones de un cable para ser girado por la radiación emitida en movimiento y el movimiento rápido alternativamente de un extremo del cable a la otra. Esta radiación inducida por el movimiento de electrones puede verse con un multímetro con los valores numéricos concretos ilustran la figura siguiente. Otra posibilidad de la detección se puede lograr con una mini antena. Aquí están las bombillas se prenden por el flujo de electrones a la bombilla y la iluminación y por lo tanto indica la radiación, véase la siguiente figura.



Figura 2-4 Antenas para ponerle a los celulares de acuerdo a su frecuencia.

Las frecuencias son 900, 1800 y 2000 MHz. De acuerdo a la foto anterior la antena inferior está diseñada para 900 MHz, la parte superior de 1.800 MHz. La antena de 2000 MHz es sólo un poco más largo.

Otra variante es conectar la antena al multímetro y tomar medidas cuantitativas de la siguiente forma:

Si conecto la antena a un multímetro surgen tensiones del orden de milivoltios a voltios que varían en una frecuencia de alrededor de 217 Hz de acuerdo a la señal del teléfono y que corresponden a un periodo de tiempo a 4.6ms lo suficiente para que se la antena encendida.

Para la conexión del diodo con el instrumento de medición se pone dos pinzas de cocodrilo y pegarlas si es necesario. La distancia entre las abrazaderas se elige de manera que el diodo ajuste entre las terminales. El diodo (antena) se puede montar fácilmente con el material soporte y desde las pinzas de cocodrilo se puede conectar al multímetro.

Debido a la onda electromagnética del teléfono produce una tensión ligeramente fluctuante se puede medir en los extremos del Diodo se puede rectificar con un condensador (por ejemplo, $C = 22 \text{ nF}$ o $C = 47 \text{ nF}$, valores sustancialmente mayores a 330 nF no son adecuados) compensando la variación restante, dando lugar a una señal más precisa y más estable.

Debido a la variación en el voltaje se pone también una resistencia de 470Ω y el condensador para así proteger el diodo.

Mediante la medición con un análogo o instrumento digital (o un osciloscopio) está conectado al condensador además de la alta resistencia a la entrada del dispositivo de medición (por ejemplo, 10 K) en paralelo.

Mediante la medición con un análogo o instrumento digital (o un osciloscopio) está conectado al condensador además de la alta resistencia a la entrada del dispositivo de medición (por ejemplo, 10 K) en paralelo. Esto hace que la descarga del condensador a través de la metro entre impulsos de tensión en aproximadamente sólo compensa la caída de tensión entre los impulsos de tensión, la indicación de tensión, por lo tanto sigue siendo bastante estable (ver la figura.) El rango de medición debe ser seleccionado de manera que la resistencia interna no sea demasiado pequeña ($\geq 1 \text{ k}$). El medible en una voltajes de teléfonos móviles están en mV de gama V ($0,5 \text{ V} \dots$ unos 2 V) en la proximidad del teléfono.

Con esta antena, la mayor parte de las mediciones cuantitativas se pueden realizar en el teléfono móvil si la antena no está demasiado lejos del teléfono. Para distancias más grandes desde el teléfono (de unos 30 cm)

Nota:

Resistencia y el condensador están muy cerca de la soldadura (conectando distancias <5 mm) en el diodo. Las piezas de alambre a izquierda y derecha del diodo debe ser de aproximadamente 8 pulgadas de largo para el D-net, de forma que la antena tiene una longitud total de 16,5 cm. La antena se puede montar fácilmente sobre un trozo de cartón con cinta después de la soldadura de los componentes.

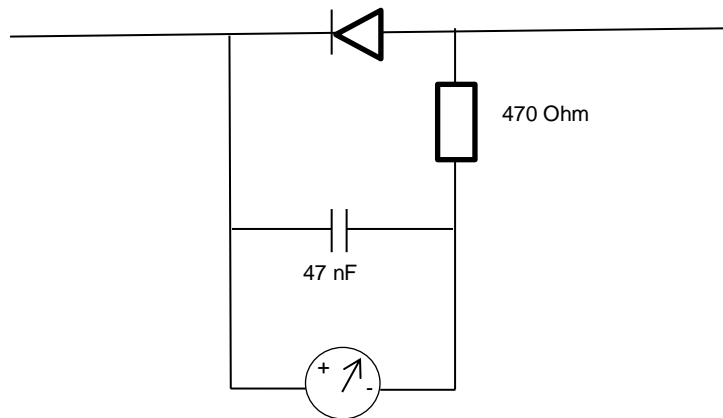


Figura 2-5 Esquemático del circuito a construir para que sea un detector de radiación.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar actividades experimentales con teléfonos móviles con el fin de los estudiantes del grado noveno logren apropiar significativamente algunas características de las ondas electromagnéticas.

3.2 Objetivos Específicos

3.2.1 Utilizar antenas tipo dipolo de media longitud de onda para identificar la recepción y emisión de ondas electromagnéticas producidas por los teléfonos móviles.

3.2.2 Medir el tiempo de propagación de las ondas electromagnéticas de acuerdo al medio (número de repetidores) y al teléfono móvil utilizado.

3.2.3 Indagar sobre la intensidad de la radiación de la onda electromagnética emitida y recibida con ayuda de las antenas y bombillas sobre el teléfono móvil como sensores.

3.2.4 Verificar el cambio de intensidad de la radiación con la distancia al emisor utilizando una antena receptora sobre el teléfono móvil.

4.Desarrollo de la Experiencia

4.1 Metodología

Se desarrollaron varias experiencias con teléfonos móviles, los estudiantes se organizaron por equipos para favorecer el aprendizaje cooperativo donde el estudiante con ayuda de su par adquiere el conocimiento.

Los materiales que se utilizaron fueron los celulares móviles y no sus aplicaciones. Se utilizaron celulares tanto de tecnología GSM como de tecnología UMTS que son los llamados Smartphone. Se diseñaron antenas que pudieran identificar las radiaciones producidas por los teléfonos móviles.

Se buscó que los experimentos dieran respuesta a preguntas que los estudiantes formulaban y así motivarlos a que encuentren la respuesta por medio de la experiencia.

El aprendizaje que pretendemos mediante estas experiencias es el combinatorio donde la nueva idea es vista en relación con otras ideas preexistentes, pero ésta no es ni más inclusiva ni más específica que los conceptos preexistentes.

La ideas preexistentes sobre cómo se comunican los teléfonos móviles y que esta comunicación se da porque irradian ondas electromagnéticas y que la comunicación es inalámbrica como lo que sucede con la tecnología WIFI y luego llegar al concepto de radiación electromagnética.

La explicación sobre los fenómenos físicos por parte de los estudiantes se espera que se de manera cualitativa porque no se realiza previamente ninguna formalización

matemática. A medida que se avanza en los experimentos se va dando respuesta a inquietudes surgidas del experimento con base en los conocimientos adquiridos por los estudiantes.

Una manera de evaluar el aprendizaje es a través del trabajo en equipo y del debate sobre lo sucedido en las experiencias llevadas en el aula, se les pregunta a los estudiantes y ellos discuten con sus compañeros de equipo las respuestas para luego confrontar con los resultados de la experiencia y si quedaban dudas o inquietudes plantea una nueva experiencia para llevar a cabo en la siguiente clase.

4.1.1 Población

Los estudiantes del grado noveno pertenecen a la Institución Educativa Escuela Normal Superior “María Auxiliadora” que es de carácter oficial, ubicada en el Municipio de Copacabana, Municipio del área metropolitana de Medellín. Estos estudiantes son de estrato 3 en su gran mayoría poseían teléfono móvil

4.1.2 Muestra

La muestra tiene las siguientes características son tres grupos de noveno grado de 40 estudiantes cada uno; la gran mayoría son de género femenino y en edades entre 14 y 16 años con desempeños (alto, medio y superior) en Ciencias Naturales y Ed. Ambiental.

4.1.3 Recursos y/o Equipos

Dentro de los materiales y recursos de apoyo que se utilizaron para el desarrollo de esta propuesta se encuentran: Alambres de cobre, soldador y soldadura y bombillas de 0,75x3, 5mm WT 1,55v 12,5mA. Ver figura 2-3 (donadas por el profesor Manfred

Bauknecht), teléfonos móviles con tecnología UMTS (ver figura 4-3) y GSM (ver figura 4-2). Se utilizó un detector de frecuencias HF DETEKT-US, en el video se hace una descripción del aparato (<https://www.youtube.com/watch?v=89hx9oh2LSY>)



Figura 4-1 Detector de UHF Detekt-us



Figura 4-2 Teléfonos Móviles con tecnología GSM.



Figura 4-3 Teléfonos Móviles con tecnología UMTS

4.1.4 Hipótesis

La utilización de las antenas y los teléfonos móviles permite identificar variables que caracterizan las ondas electromagnéticas.

El uso de la antena y el teléfono móvil favorece el desarrollo del pensamiento científico progresivamente, tomando como punto de partida su conocimiento “natural” del mundo.

4.2 Desarrollo de la Propuesta

4.2.1 Fase 1: Identificación los elementos constituyentes de una antena

Se diseñaron experimentos para tratar las ondas electromagnéticas sin tener que recurrir a todo el andamiaje de la teoría electromagnética sino más bien mostrar sus manifestaciones. Las antenas que son de un material menos costoso y accesible a los estudiantes. Se diseñaron y construyeron las antenas para que realizaran lo mismo de los detectores más costosos.

4.2.2 Fase 2: Pruebas a las antenas

Se desarrolló un circuito lo más sensible como fue posible, que respondiera a la radiofrecuencia. El circuito debe ser el efecto resonante, es decir que vibre con la frecuencia natural del circuito para hacer una detección cualitativa acerca de la fuerza de la radiación o fuerza periódica que hace vibrar a la frecuencia natural. Por tanto, el detector de RF debe responder inicialmente a diferentes frecuencias, como la radiación inalámbrica. El circuito vibro con las frecuencias cercanas a 800, 900, 1800 MHz.

Se experimentó luego con una antena dipolo simple, conectada a una bombilla, que entra en resonancia con las ondas estacionarias producidas por el corto circuito en la antena. La antena se sintoniza a aproximadamente 920MHz. Con el establecimiento de la llamada del teléfono, la bombilla destella brevemente. Se observó que esta bombilla se enciende a una distancia cercana 10 a 15 cm del teléfono móvil. Se explicó la construcción de las antenas a los estudiantes y luego en el experimento (anexo A) se mostró como se enciende la bombilla con la distancia.

Después se hizo lo mismo con antenas con una longitud apropiada para frecuencias del orden de 1800MHz.

De acuerdo a la tecnología del móvil se realizaron las pruebas con varias antenas porque la frecuencia de los de tecnología UMTS es de alrededor de 900MHz donde se calculó (sección 2.2.5) la longitud del alambre y se encontraron valores cercanos a 17 cm y para los tecnología GSM una longitud cercano a los 8cm (figura 2-4).

Se construyeron varias antenas con dichas longitudes y se probó en los celulares de acuerdo a las tecnologías GSM y UMTS se ubicó al reverso de ellos, luego se observó como era su iluminación y así poder obtener una escala de brillo.


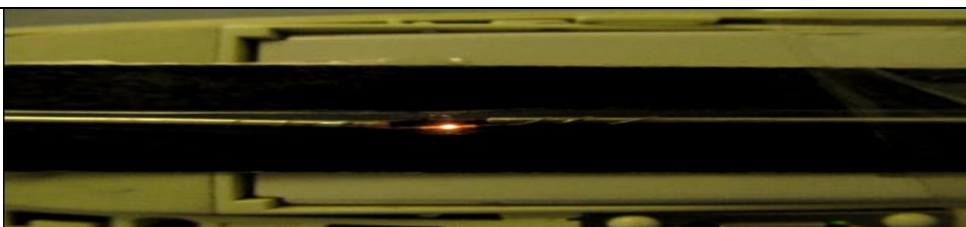

Las frecuencias son 900, 1800 y 2000 MHz. De acuerdo a la figura 2-4, la antena inferior está diseñada para 900 MHz, la parte superior de 1.800 MHz. La antena de 2000 MHz es sólo un poco más largo.

Se probó donde era mejor poner la antena en el teléfono móvil, las pruebas que se hicieron moviendo la antena hasta obtener la mejor respuesta. Se llegó a que la ubicación ideal de la antena en el teléfono móvil, durante el establecimiento de llamada a un teléfono móvil (figura 4-4).



Figura 4-4 Forma de poner las antenas en los celulares.

Escala de valoración obtenida se muestra en la siguiente tabla:

ANTENAS CON BOMBILLA DIRECTAMENTE EN EL MOVIL DURANTE LA LLAMADA	INTENSIDAD LUMINOSA
	ILUMINACION FUERTE
	ILUMINACION MEDIA
	ILUMINACION BAJA

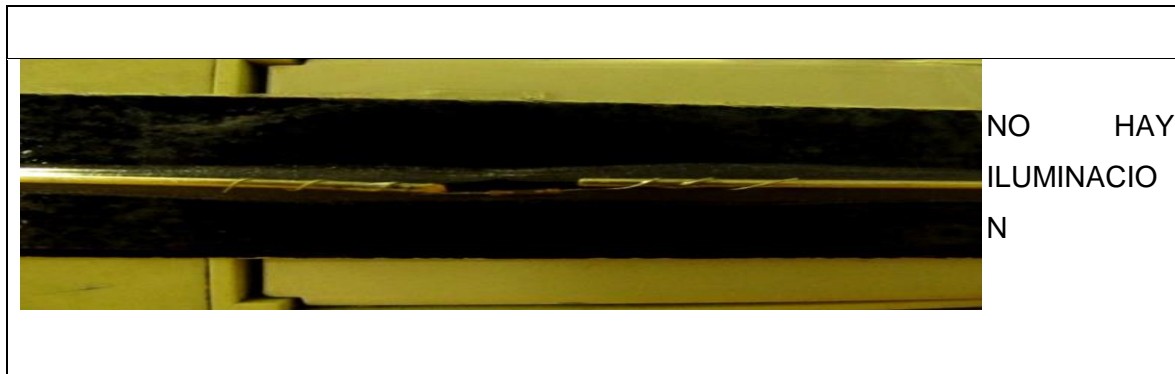


Figura 4-5 Escala de valoración de acuerdo a la iluminación de la bombilla

Inicialmente se hizo una exploración acerca de los preconceptos de los estudiantes mediante preguntas como: ¿Qué es una onda mecánica? ¿Qué es una onda electromagnética? En estas sus respuestas concordaban con la teoría. A la pregunta la diferencia entre una u otra la respuesta más común (80%) respondió que es el “medio de propagación” si pero luego se les pregunto por las características de una onda electromagnética cerca del 90% respondió que las mismas de las ondas mecánicas lo que indico sin hacer énfasis en características como la velocidad de propagación. A la pregunta ¿Qué es la radiación? ¿Qué es radiación electromagnética? Dijeron que era algo malo y perjudicial.

Esto se hizo mediante diálogos grupales con los estudiantes de 9º de la Institución Educativa Escuela Normal Superior María Auxiliadora donde se correlaciono con los fenómenos sonoros vistos el año anterior. Se obtuvo que el (80%) reconozcan las características de las ondas mecánicas y con mayor énfasis en las sonoras.

Se les pregunto a los estudiantes si tenían celular y que los mostraran para saber de qué tipo de celular tenían. Todos los estudiantes tenían celular, cerca del 40% tenían Smartphone o sea de tecnología UMTS y los demás de tecnología GSM.

Se realizó una experiencia de exploración con las antenas y los móviles para que identificaran el funcionamiento de las antenas y como alumbraba la bombilla de acuerdo a la tecnología del teléfono móvil.

La figura 4.6 muestra a continuación las conclusiones de la diferencia entre las 2 tecnologías de teléfonos móviles el de UMTS que es el Smartphone con acceso a internet y el de tecnología GSM sin acceso a internet.

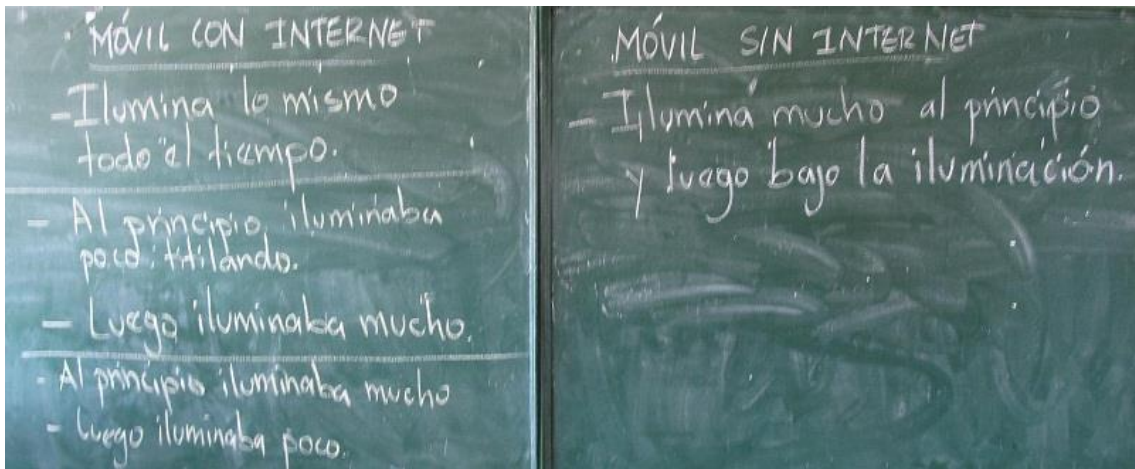


Figura 4-6 Repuestas de los estudiantes sobre las 2 tecnologías de los celulares

A la pregunta: ¿Que otras aplicaciones tienen los smartphones?

Respondieron que chatear.

Luego con el propósito de saber los preconceptos de los estudiantes acerca del tema se les hizo la siguiente pregunta.

¿Quién sabe cómo funcionan estos teléfonos móviles?

La tercera parte respondió “los celulares se comunican por medio de señales” otra tercera respondió “los celulares se interconectan mandando señales del móvil de uno al otro” los restantes respondieron que por “ondas de radio”

Con una charla sobre como los sistemas de los móviles funcionan se planearon las actividades experimentales siguientes.

En esta actividad se hizo con el propósito de saber el conocimiento que tenían sobre cómo se comunican los móviles entre si y que condiciones mínimas se deben tener para que se establezca una buena comunicación.

Se hizo las siguientes preguntas donde se les pidió que anotaran todas las observaciones y se hicieron las siguientes preguntas:

¿Cuánto tiempo tarda un celular en comunicarse con otro celular?

Se les pidió a 2 estudiantes del equipo que se llamaran y los demás estudiantes contaran el tiempo que tarde en recibir la llamada. Los estudiantes tomaron el tiempo y les dio un intervalo entre 7 a 10 segundos.

Luego se preguntó a los estudiantes. ¿Qué pasa en estos 10 segundos?

Los estudiantes en su gran mayoría respondieron así:

“El celular que llama tarda ese tiempo en localizar el otro celular que recibe la llamada”

“Los celulares primero se comunican con las antenas grandes que hay en algunos sitios y luego estas localizan el celular que recibe la llamada”

De acá se interviene explicando lo de estas antenas, diciendo como se llaman y presentándoles un video donde se explica el porqué de estas antenas o estaciones base.

¿Cómo funciona el sistema de red (o el sistema de los móviles)?

Entonces se hace el dibujo de cómo se ubican las estaciones bases y al explicar si un alumno expresa ideas también se discute sobre estas concepciones. Entre móvil y estación base se usa la palabra "comunicarse" o "hablar", entonces estos dos cosas hablan con la otra cosa entre sí. Los estudiantes pronunciaron las palabras “ondas”, “ondas de radio” y “radiación”

¿Qué es radiación? ¿Cómo se define?

Las respuestas típicas son: “Es algo peligroso para las personas y son ondas que perjudican la salud”. La intención no es definir las concepciones que los alumnos tienen.

Preguntas como: ¿Cuándo ilumina la bombilla? ¿Hay fases en que ilumina y fases en que no ilumina o ilumina menos?

La observación mostro que una llamada al parecer tiene dos fases: comunicarse y llamado y también la radiación es diferente. Al conectarse es muy alto y hablando más bajo.

Ahora, los alumnos experimentan con el detektus y con la bombilla en el salón o fuera de él. Por grupos de noveno se les repartió las bombillas y/o antenas y los detektus. Donde los grupos anotaban sus observaciones.

A continuación se presentan los experimentos con sus respectivos alcances.

4.2.3 Fase 3: Practicas guiadas

EXPERIMENTO 1

¿El nivel de la radiación emitida por un móvil es siempre la misma?

En este experimento se les pido a los estudiantes que anotaran sus observaciones de los que pasaba con la iluminación de las bombillas con el fin de mirar que había una correlación entre la iluminación de la bombilla y la radiación emitida por el móvil. Ver anexo A

Los estudiantes respondieron en su gran mayoría lo siguiente:

- “La bombilla iluminaba diferente en el teléfono que llama y en el teléfono que recibe la llamada”.
- “La bombilla ilumina más cuando se está marcando que cuando le contestan”.
- “La bombilla no ilumina igual en todas las partes del teléfono”.
- “Hay mayor radiación cuando se establece la llamada que cuando le contestan”.

Luego de estas respuestas se hace una discusión con todo el grupo para indagar sobre lo observado y la mayoría de estudiantes se percataron de que hay mayor radiación al establecer la llamada. Ver video (<https://www.youtube.com/watch?v=96l58uFkJtg>)

EXPERIMENTO 2

¿La radiación emitida de un móvil depende del ruido ambiental?

En este experimento se buscaba que los estudiantes se dieran cuenta de porque no se debería utilizar el celular en lugares con mucho ruido como discotecas o bares. En la guía del experimento se les pidió que escribieran sus observaciones, ver anexo B.

Los estudiantes en su gran mayoría respondieron lo siguiente:

- “Iluminaba más cuando había mucho ruido”.
- “Iluminaba menos cuando se hacía silencio”.
- “Que cuando uno va a llamar lo mejor es hacerlo en lugares silenciosos”.
- “La mayoría de las persona deberían saber eso para no recibir tanta radiación cuando llaman desde lugares con mucho ruido como una discoteca o un bar”.

EXPERIMENTO 3

¿La radiación o señal de un móvil depende de la distancia?

En esta experiencia se espera que el estudiante analice que existe una relación directa entre la radiación y la distancia. Ver anexo C

Los estudiantes en su gran mayoría respondieron así:

- “Cuando está más cerca el celular las bombillas iluminan más”.
- “A mayor distancia menor iluminación, es decir menor radiación”.
- “Son inversamente proporcionales la distancia y la radiación”.

Luego se les propuso una variante al experimento que consistía en poner los detektus a igual distancia alrededor del móvil para saber cómo era la radiación, los estudiantes respondieron en su gran mayoría.

- “Las bombillas del detektus iluminaban casi igual”.
- “Las bombillas iluminaban en forma de círculo alrededor del teléfono móvil”
- “La radiación es de forma de círculo”.

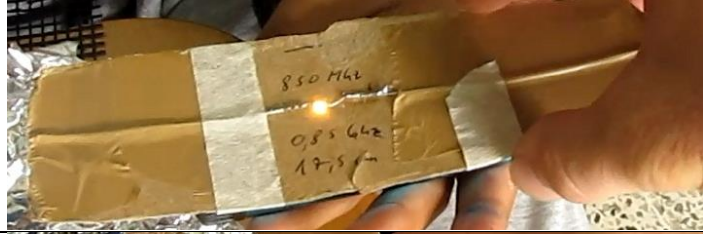

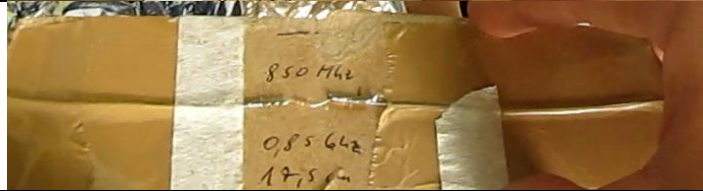
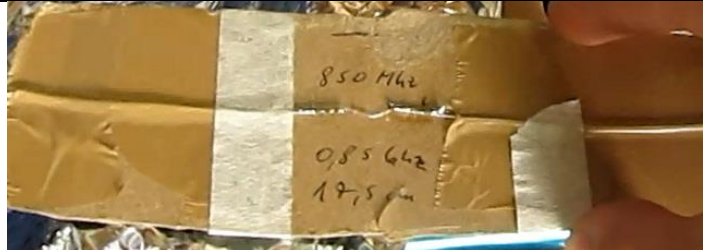
Con esto se les propuso que respondieran si la radiación se propagaba circularmente o iba más allá y formaba una esfera, y respondieron algunos así...” la radiación puede ser de forma esférica y lo que pasaba era que el piso le impedía que el detektus iluminara igual...”. Se les hablo de ondas planas, esféricas y cilíndricas para aclarar un poco el concepto y se armó una discusión en torno a ello y su comparación con el sonido. Para diferencia el tipo de ondas entre electromagnéticas y mecánicas. Ver video (https://www.youtube.com/watch?v=Go4_4rmlxyE)

EXPERIMENTO 4

¿Qué materiales protegen más de la radiación emitida por el móvil?

Se les entrego diferentes materiales (papel aluminio, malla de caucho, tela, madera, su propio cuero) para poner entre el celular y la antena para ver si bajaba la intensidad de la luz y así clasificar los materiales de acuerdo a su protección de la radiación emitida por los móviles. Esta experiencia fue la que más les gusto, vale la pena decir que esta experiencia resulto de la pregunta que surgió de la mayoría de los estudiantes. ¿Guardar el celular en el pantalón es perjudicial para la salud?



	Al principio sin papel aluminio.
	Si se introduce poco a poco el papel aluminio se observa como va disminuyendo la intensidad de la bombilla....
	...esta vez menos iluminada...
	..hasta que deja de brillar.

Acá esta la secuencia completa con el papel de aluminio.

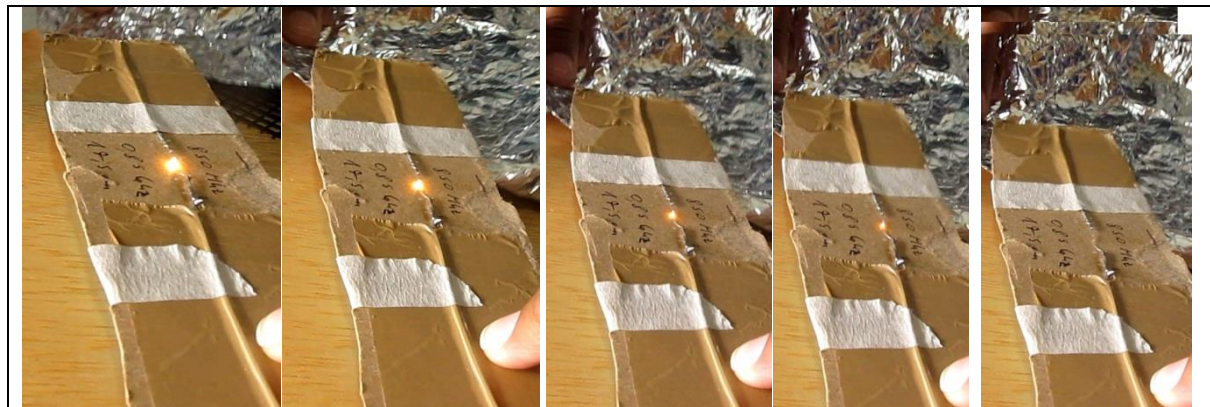


Figura 4-7 Experimentos con diferentes materiales de apantallamiento.

Los estudiantes hicieron las siguientes tareas:

- Clasificaron los materiales en buenos o malos en cuanto a la iluminación de la bombilla. Los que más iluminaban eran malos para protegerse de la radiación y los que menos iluminaban protegían mejor de la radiación.

- Los enlistaron de mayor a menor protección
- También escogieron materiales al azar para saber cuál de ellos protegían más como sus chaquetas, su pupitre y su cuaderno.
- Algunos expresaron lo siguiente “ tener el celular en el bolsillo del pantalón no es bueno porque la tela es mala para proteger..”

Una variante que se le hizo al experimento anterior es plantearles lo de la jaula de Faraday.

Sin la cubierta...



...y con la cubierta o malla metálica.

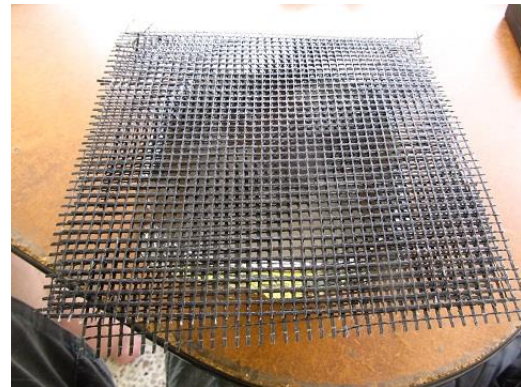


Figura 4-8 Experimento de la Jaula de Faraday.

Se hizo con el móvil de tecnología GSM y se hicieron varias experiencias primero con o sin cubierta, luego con la cubierta haciendo ruido. Se notó que con la cubierta la iluminación bajo y que cuando se hizo mucho ruido la iluminación aumento.

EXPERIMENTO 5

¿En qué lugares de la Institución hay mejor señal?

Cada grupo se le asignó una zona diferente. La idea era rastrear con el Detektus las zonas que reciben técnicamente buenas y malas señales en la escuela. Previamente se marcaron las zonas con las radiaciones mínimas.

Imágenes de la Institución desde diferentes vistas.



Figura 4-9 Fotos de la vista superior de la Institución Educativa Escuela Normal Superior “María Auxiliadora” de Copacabana (Ant.).

Cada grupo se le asignó una zona diferente. La idea era rastrear con el Detektus las zonas que reciben técnicamente buenas y malas señales en la escuela. Hicimos el profesor alemán y yo este intento un día antes en compañía y encontramos las radiaciones mínimas en cada zona previamente seleccionada en mi Institución.

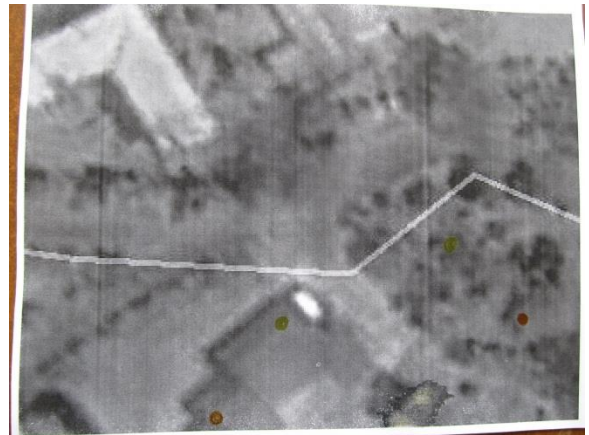
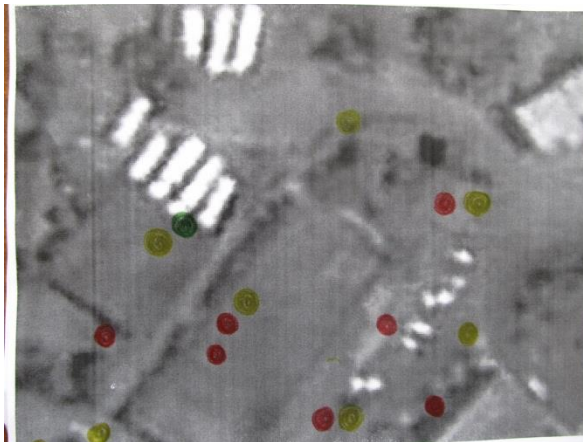
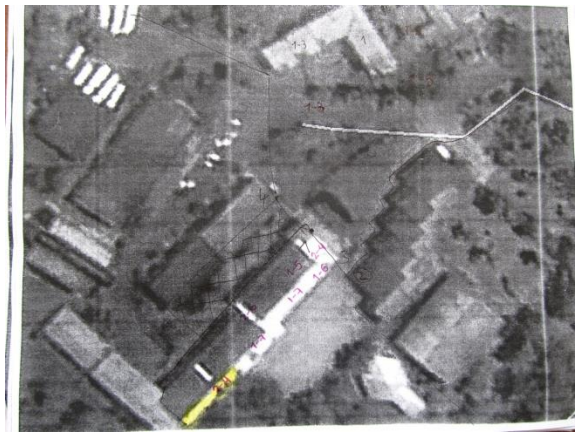
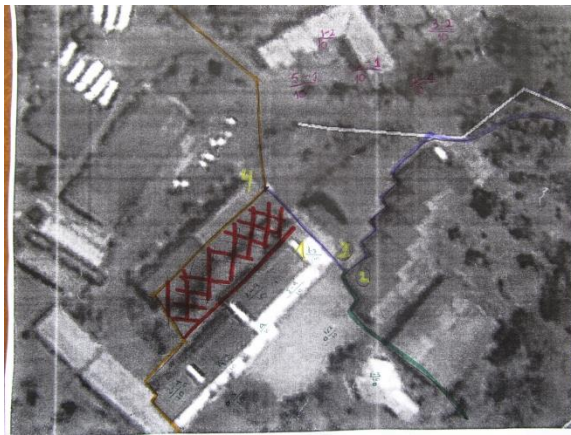
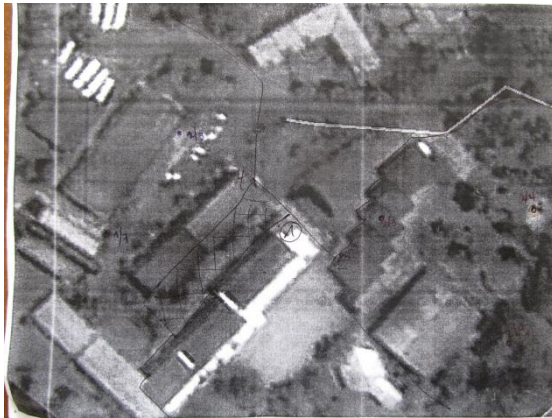
Así que los estudiantes fueron divididos en las siguientes categorías y marca:

1-2 luces rojas

3-4 luces amarillas

5-6 luces verdes

Se escribe el número mínimo y máximo de luces encendidas. Después de esto, los estudiantes deben de regresar a clase con una tarjeta con los colores apropiados que indicaran en el lugar de mayor recepción para luego anotarlos en el mapa como lo muestran las siguientes imágenes.



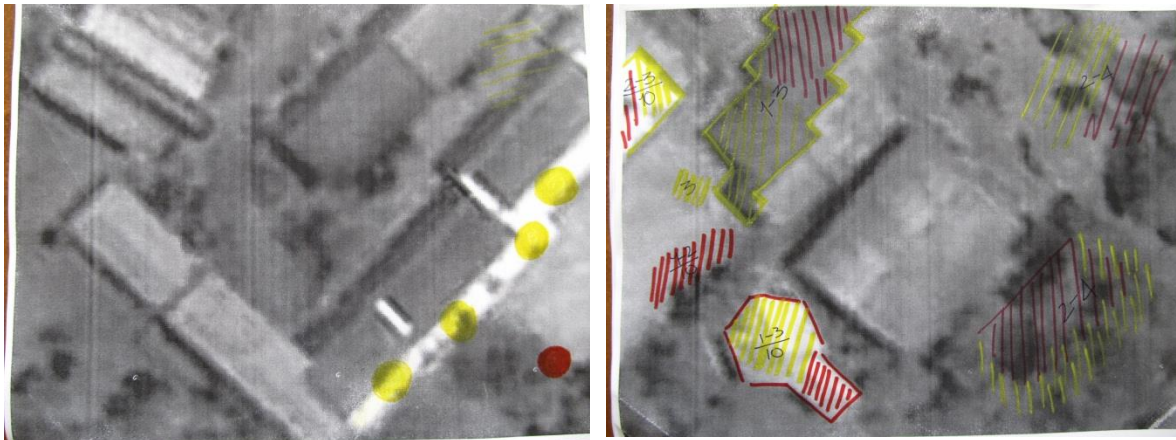


Figura 4-10 Resultados de la experiencia ¿Qué lugares hay mejor señal en la Institución?

Finalmente se hizo una evaluación de los experimentos (anexo E) cuyo propósito era evaluar la metodología de trabajo más que el conocimiento cuyos resultado se ven en la figura

4.2.4 Fase 4: Resultados de la evaluación de la metodología.

Al aplicar el cuestionario a los estudiantes con preguntas de corte general sobre el uso de los teléfonos móviles, con el propósito de contrastar los conceptos previos y si la metodología había cambiado su percepción y si harán se expresan en un lenguaje científico y tecnológico. Ver anexo E

¿A los estudiantes les gustó el enfoque del tema a través de la experimentación?

Las temáticas son muy llamativas porque los teléfonos móviles es un dispositivo muy apreciado.

Inicialmente los estudiantes piensan que uso del celular generaba algún riesgo. En la respuesta a la pregunta 7 da la impresión que los estudiantes piensan si se genera riesgo, pero definitivamente las respuestas de la pregunta 11 indican que sólo el 10 % salió del error.

Las respuestas a la preguntas 4 y 5 indica que la metodología es muy diferente a como se han dictado las demás clases de física.

Se muestra el desinterés por el conocimiento científico o la metodología no es aplicable a todo el currículo

La respuesta a la pregunta 9 indica que los experimentos contribuyen a la comprensión del tema.

También se ve que los experimentos es una metodología que puede motivar a los estudiantes para el aprendizaje.

Lo que muestra la respuesta a la pregunta 11 es que 70 % de los estudiantes creen que la radiación electromagnética involucrada en las comunicaciones es dañina.

Esto indica que a los estudiantes les parece mejor el detektus porque es muy fácil de manejar pero buena parte respondió que los 2 medidores Indicando que es posible remplazar equipo comercial de alto costo por equipo de bajo costo, que además al construir puede enseñar mucho más que con el sólo uso?

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Esta experiencia de aula trato de responder a la pregunta ¿se puede utilizar el teléfono móvil para enseñar ondas electromagnéticas? Para ello se plantea una metodología para que las preguntas que plantea el educando no sea respondida directamente por el profesor, si no que se plantea una serie de experimentos para que el estudiante intente responder por sí mismo y solo posteriormente, y si es necesario, el profesor hace la intervención para aclarar o motivas más preguntas.

Por eso se utilizaron dispositivos de medición de RF, antenas construidas con elementos de bajo costo. Estas antenas no fueron construidas con los estudiantes debido al riesgo que esto conlleva a la salud porque no estaban preparados para manejar elementos de soldadura.

Los estudiantes midieron el tiempo de propagación de las ondas de un teléfono móvil a otro, respondiendo a su propia pregunta que si la velocidad de una onda electromagnética es la velocidad de la luz porque se demoraba tanto en establecer la llamada. Infiriendo correctamente que el tiempo es debido a que tenían que pasar la onda por las distintas estaciones base.

Los estudiantes lograron identificar que la intensidad lumínica en el arreglo de la bombilla y la antena tenía que ver con la radiación emitida por los teléfonos móviles.

Los estudiantes identificaron como el ruido afecta la radiación emitida por el teléfono móvil entre más ruido más radiación emitida por el teléfono lo que indica que la intensidad lumínica de la antena-bombilla aumentaba porque le daba más dificultad

comunicarse con las estaciones base por lo tanto, se dieron cuenta que no está bien llamar desde lugares con niveles de ruido alto, que es una costumbre para ellos.

En el experimento de la jaula de Faraday los estudiantes concluyeron que materiales pueden protegerlos de la radiación y que hay preguntas del común de la gente que pueden ser resueltas en experimentos y que pueden ayudar a solucionar problemas de la vida diaria otra cosa que ellos también notaron es que mostro que algunos materiales son buenos para apantallar la radiación, aunque no se aclaró porque no es alcance de este trabajo que la radiación de los celulares es perjudicial para la salud.

Los estudiantes verificaron que las ondas electromagnéticas se propagaban de forma esférica y que su intensidad de radiación disminuía con la distancia, incluso con el cuadrado de la distancia y que el factor es cercano a 4π y dieron cuenta de que el medio de propagación influye.

A los estudiantes se les pidió que divulgaran sus conclusiones y recomendaciones a los demás estudiantes de la Institución por medio de carteleras. La figura 5.1 muestra la socialización del aprendizaje.

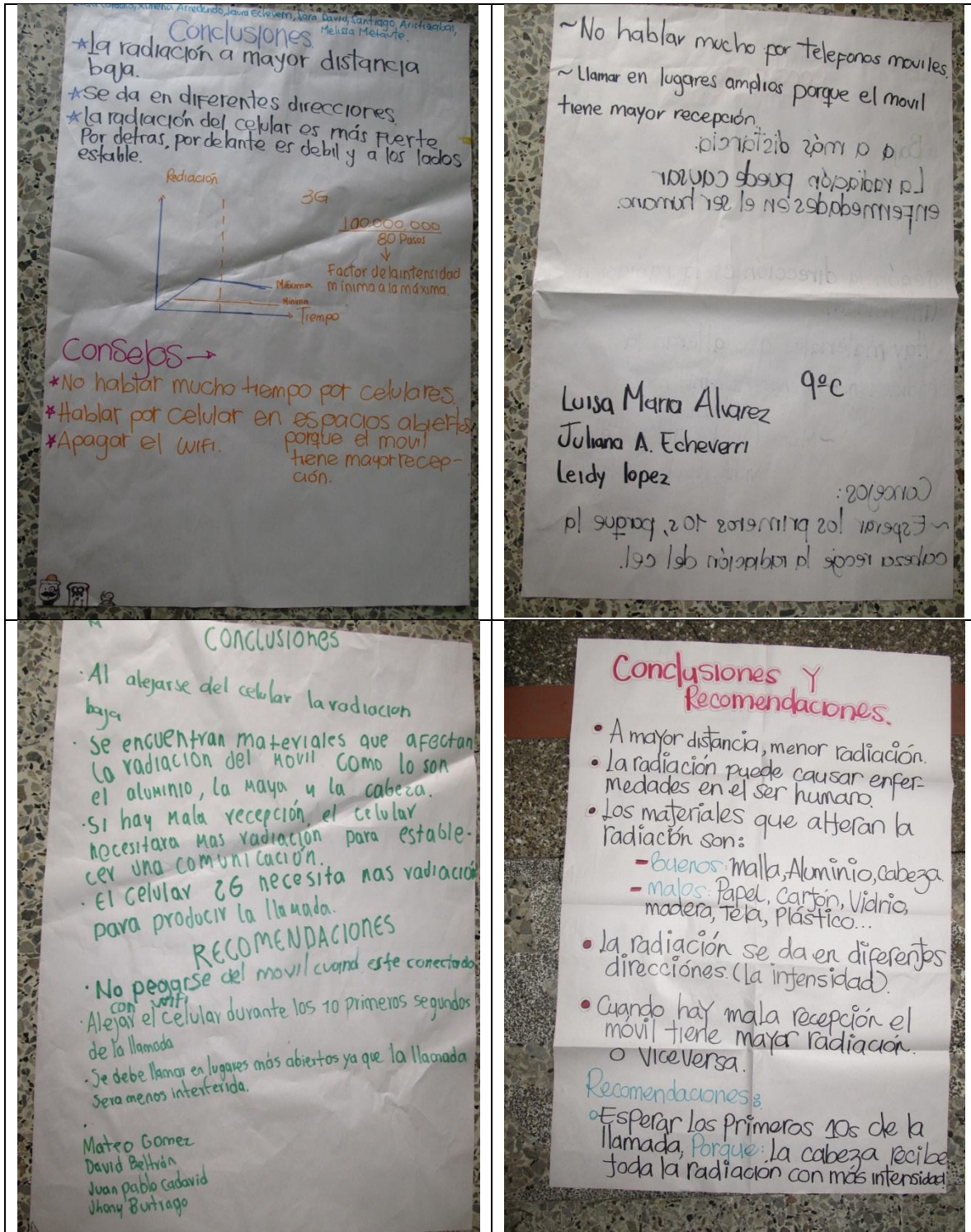


Figura 5-1 Conclusiones y Recomendaciones hechas por los estudiantes

5.2 Recomendaciones

Hay algunas experiencias que hay que reevaluarlas y trabajarlas con mayor énfasis en la escala de valoración para que las mediciones dejen de ser tan cualitativas y pasar a tomar medidas cuantitativas.

La experiencia del mapa de radiación con una extensión considerable aproximadamente de 3 hectáreas. Hay que corregir la guía y/o plantear una experiencia exploratoria para que los estudiantes interpreten el mapa de la Institución.

Se pueden ampliar las experiencias para otros dispositivos móviles como router o modem del WIFI, también se puede explorar la radiación cuando haces una videollamada con el Smartphone o utilizas el chat o el whatsapp.

Se recomienda incluir en la metodología posiblemente la construcción del medidor de RF y seguramente la construcción de las antenas por su bajo costo por parte del estudiantado con la información del capítulo de antenas.

A. Anexo: Experimento: ¿El nivel de la radiación emitida de un móvil es siempre el mismo?

Preparación

Se necesita una antena con una bombilla. Comprobar la espalda del móvil si se prende al máximo durante el establecimiento de la llamada. En esta posición se pega.



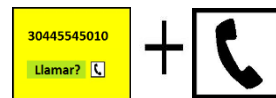
Ahora, para realizar la prueba se deben tener las siguientes condiciones:

- Se necesita un lugar en la escuela, que este en silencio.
- Se necesita 2 móviles (Un móvil llama al otro)

- No deberían estar demasiados Alumnos alrededor los móviles. Eso podría perjudicar el experimento.
- Que no cambian el lugar durante el experimento
- Si quieren hacer más llamadas esperar al menos 30 segundos entre las llamadas.

Explicación del experimento

1. Seleccionar un número y llamar a otro móvil



2. Giran el teléfono lo más rápidamente posible (que se muestra arriba)

3. El otro móvil tiene que confirmar si está sonando

4. Qué observen si la bombilla tiene diferente nivel de la luz durante el experimento.



Observación: _____

B. Anexo: Experimento: ¿La radiación emitida de un móvil depende del ruido ambiental?

Hay dos fases de una llamada

- La radiación del establecimiento de la llamada.
- La radiación durante la llamada a partir de la confirmación de la llamada por parte del operador.

Se necesita una antena con una bombilla. Comprobar a la espalda del móvil si se prende al máximo durante el establecimiento de la llamada. En esta posición se pega.

Preparación

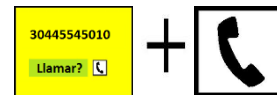
Ahora,

para la prueba se deben crear las siguientes condiciones:

- Se necesita un lugar en la escuela, donde este en silencio.
- Se necesita 2 móviles (Un móvil llama al otro)
- No deberían haber demasiados Alumnos alrededor los móviles. Eso podría perjudicar el experimento.
- Que no cambien de lugar durante el experimento
- Que esperen al menos 30 segundos entre las llamadas.

Explicación del experimento

1. Seleccionar un número



2. Giran el teléfono lo más rápidamente posible (que se muestra arriba)

3. Hacer un montón de ruido durante unos 3 segundos (fase ruido), 3 segundos de silencio (fase de silencio) y reemplazado varias veces en estas fases durante el establecimiento de la llamada y después de aceptar la llamada.



Observación: _____

C. Anexo: Experimento: Experimento: ¿La señal de un móvil depende de la distancia?

Ahora, para la prueba las siguientes condiciones se deben crear:

- Se necesita 1 móvil (Un móvil llama a otro móvil o cualquiera número, también funciona si el número no existe).
- No deberían de haber demasiados Alumnos alrededor los móviles. Eso podría perjudicar el experimento.
- Que no cambian el lugar durante el experimento
- Si quieren hacer más llamadas que esperen al menos 30 segundos entre las llamadas.
- Qué se ponen el móvil y el detekt-us en posición :

1. experimento

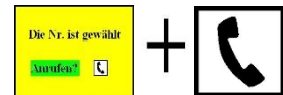


2. experimento con más distancia: 100 cm o más



Explicación del experimento: 2 experimentos

1. Qué se ponen el móvil y el detekt-us en posición (véase 1. experimento)



2. Seleccionar un número y llamar a otro móvil.

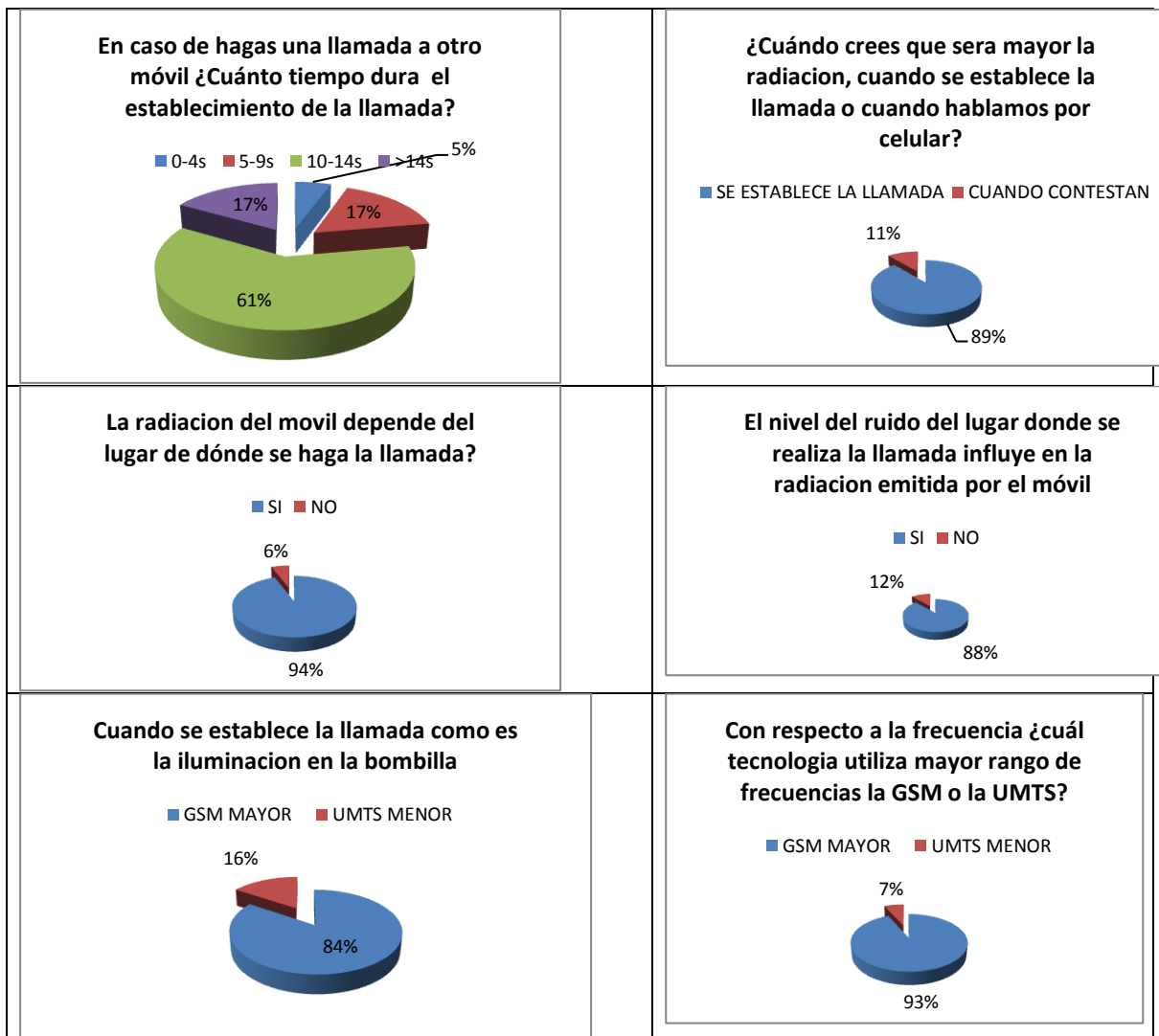
3. Qué observen cuantas bombillas prenden durante los primeros 10 o 15 segundos.



4. Qué repiten el experimento (paso 1-3) con más distancia (véase 2. experimento)

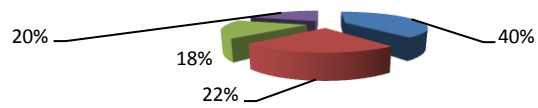
Observaciones: _____

D. Anexo: Evaluación de la comprensión de la radiación electromagnética

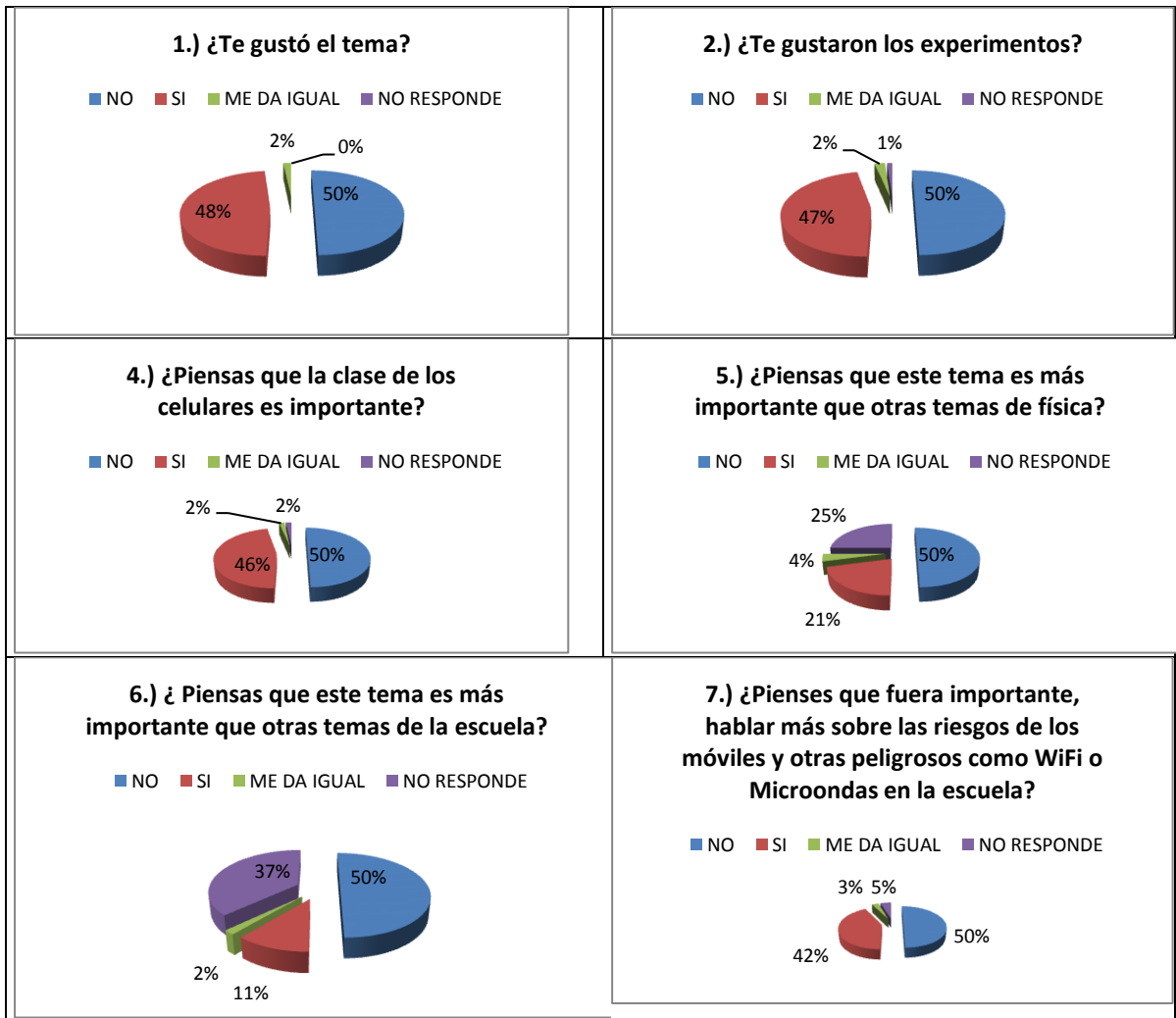


Recomendaciones para cuando utilices el celular cuando hagas una llamada?

- ALEJAR EL CELULAR HASTA QUE NOS CONTESTEN
- LLAMAR EN LUGARES ABIERTOS
- NO UTILIZAR EL CELULAR CUANDO ESTEMOS EN UN LUGAR CON MUCHO RUIDO

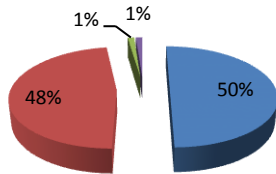


E. Anexo: Resultados del cuestionario de la evaluación final



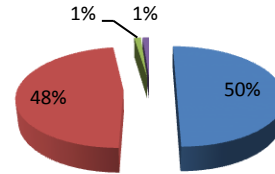
9.) ¿Los experimentos te ayudaron entender, como la radiación se conduce?

■ NO ■ SI ■ ME DA IGUAL ■ NO RESPONDE



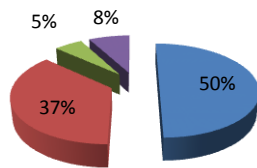
10.) ¿Deseas más Experimentos también en otras temas de la escuela?

■ NO ■ SI ■ ME DA IGUAL ■ NO RESPONDE



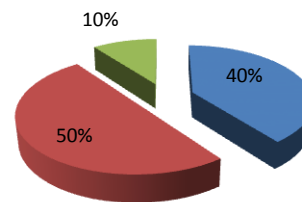
11.) ¿Despues estas nuevas Experiencias y hechos, vas a cambiar tus costumbres con el celular, como anotar los consejos para minimizar la radiación que llega el cuerpo/ la cabeza?

■ NO ■ SI ■ ME DA IGUAL ■ NO RESPONDE



12.) ¿Qué fue tu medidor favorito, el Detektus (el medidor rojo) o la antena con la bombilla?

■ Detekt us ■ Los dos ■ Bombilla



F. Anexo: Cuestionario evaluación de la metodología de trabajo

Esto es un questionario sobre el tema de los móviles y sus radiaciones. Por favor llénalo concienzudamente. Los resultados serán contenidos de trabajos para mejorar estos experimentos en la escuela. Si quieres escribir más comentarios a los preguntas, por favor use la espalda de la

	Sí	No	Me da igual
1.) ¿Te gustó el tema?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.) ¿Te gustaron los experimentos?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.) ¿Ya sabías antes de los riesgos de la radiación?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.) ¿Piensas que la clase de los celulares es importante?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.) ¿Piensas que este tema es más importante que otras temas de física?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.) ¿Piensas que este tema es más importante que otras temas de la escuela?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.) ¿Pienses que fuera importante, hablar más sobre las riesgos de los móviles y otras peligrosos como WiFi o Microondas en la escuela?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.) ¿Cuál(es) experimento(s) te encantaron mucho?	_____ _____ _____		
9.) ¿Los experimentos te ayudaron entender, como la radiación se conduce?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.) ¿Deseas más Experimentos también en otras temas de la escuela?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.) ¿Después estos nuevas Experiencias y hechos, vas a cambiar tus costumbres con el celular, como anotar los consejos para minimizar la radiación que llega el cuerpo/ la cabeza?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.) ¿Qué fue tu medidor favorito, el Detektus (el medidor rojo) o la antena con la bombilla?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
página y agrega las numeras de las preguntas.			
13.) Eres masculino o femenino?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bibliografía

1. Bauknecht, M. (2003). Entwicklung und Erprobung von Schülerversuchen im Bereich Verhaltensregeln / Sicherheitstipps für den Umgang mit Handy und Mobilfunkstrahlung. Tesis en el marco del examen de estado para las escuelas secundarias, Pädagogischen Hochschule, Heidelberg.
2. Ausubel, D. (2002). Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva. España: Paidós.
3. Cardama, A. Jofre, L. Rius, Romeu, J.M. Blanch J. S. (2002). Antenas. (2a. ed.). España: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
4. García, A. Devia, R. y Díaz-Granados, S. 2002. Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. En Adúriz, A. Perafán, G. y Badillo, E. (Comps). Actualizaciones en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas. Bogotá: Cooperativa editorial magisterio.
5. Ministerio de Educación Nacional (julio de 2004). Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf
6. Gaviria, A. (2004). Teoría electromagnética: Proposiciones y soluciones. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
7. IEEE standards association 145-1983. IEEE standard Definitions of terms for antennas. Disponible en: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/145-1983.html>
8. Datateca de la universidad abierta y a distancia. (2011). Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/index.html>