



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO SOBRE LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN EL ESPECTRO
ELECTROMAGNÉTICO SOBRE LA SALUD HUMANA**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

21541091 MARIO ANDRES RODRÍGUEZ MEDRANO

ASESOR: ING. ANA REYES

CAMPUS SAN PEDRO SULA; OCTUBRE 2020

DEDICATORIA

A mis padres por creer siempre en mí, apoyarme en todo momento, por inspirarme en todas las etapas de mi vida y forjarme en la persona que soy hoy en día mediante todos los valores que nunca dudaron en plasmarme.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Primero que todo a Dios por ser mi guía y mi pilar en todo momento, por ser mi sustento y fortaleza en todos esos momentos de dificultad, así mismo por haberme permitido crecer, formarme y culminar una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis padres, Karina Medrano, Oscar Echenique, Mario Rodriguez y Rina Caballero quienes son mi mayor admiración, ejemplo a seguir, apoyo incondicional y mi mayor inspiración para seguir adelante, con todo ese amor que me han brindado he logrado llegar a cumplir este gran mérito.

Gracias a mis abuelos, quienes fueron las personas después de mis padres que más se preocupaban por mí.

Gracias a Paulina Bobadilla por creer en mí, por su amor y su colaboración tanto a nivel personal como profesional.

Gracias a los docentes Ing. Pedro Vásquez, Ing. Ronald Amador y Ing. Hegel López por nunca dudar de mí y siempre creer en mis capacidades. Gracias por brindarme su mayor apoyo y disposición a lo largo de mi carrera estudiantil.

Gracias a la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) por permitirme desarrollar este proyecto de investigación y por darme la oportunidad de formarme y forjarme como un profesional en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

EPÍGRAFE

“Trabaja hasta que no tengas que presentarte a ti mismo”

-Leonardo Di Caprio

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, el incremento de la tecnología conlleva al desarrollo de nuevos equipos y aplicaciones que hace que diferentes tipos de radiación estén cada vez más sometida a los seres humanos, así mismo incrementando el número de estudios ligados a las nuevas tecnologías. Las radiaciones electromagnéticas se pueden clasificar según su fuente, frecuencia y potencia de trabajo. Por lo tanto, aplicando métodos de investigación de forma ordenada y secuencial, se identifican los posibles riesgos y efectos causados por las ondas electromagnéticas analizando sus distintos niveles de ondas y el impacto positivo o negativo que estas pueden causar según su nivel de onda. Así mismo profundizar sobre los efectos de las radiaciones ópticas (visibles) y las no visibles. Las radiaciones del campo electromagnético se dividen en radiaciones ionizantes y no ionizantes, de tal forma que las ionizantes tienen más energía y son capaces de ionizarse, a diferencia de las no ionizantes que no tienen suficiente energía y por lo tanto no son capaces de ionizarse. Dentro de las radiaciones no ionizantes se encuentran las visibles u ópticas y los campos electromagnéticos. En este documento se mencionan diversos aspectos relacionados con la exposición a estas radiaciones, abarcando ciertos estudios científicos sobre algunas exposiciones de las mismas destacando los puntos sobre sus posibles efectos de las radiaciones electromagnéticas. Así mismo, se implementó una entrevista básica a un grupo de 16 personas que se desempeñan en el rubro de las telecomunicaciones con el fin de poder analizar más a fondo el conocimiento de las personas sobre este tema y los riesgos a los que se enfrentan al estar expuestos a estas radiaciones debido a sus trabajos. Mediante la investigación se concluyó que las radiaciones se clasifican en dos grupos, ionizantes y no ionizantes, por lo que las ondas de menor longitud (rayos X con una longitud de onda de 10 nm - 0.1 pm y rayos gamma con una longitud de onda aproximada de 100 pm) son más dañinas, mientras que las otras ondas (ultravioleta, luz visible, infrarroja, microondas y radio con longitudes de onda desde 10 nm hasta 10,000 m) representan riesgos mínimos o casi inexistentes. Sin embargo, no existe evidencia específica que asegure o confirme la conexión entre dicho riesgo o impacto y la causa de la radiación.

ABSTRACT

Nowadays, the increase in technology leads to the development of new equipment and applications that make different types of radiation more and more subject to human beings, as well as increasing the number of studies linked to new technologies. Electromagnetic radiation can be classified according to its source, frequency and power. With the application of methods in an orderly and sequential way, being able to identify the possible risks and effects caused by electromagnetic waves by analyzing their different wave levels and the positive or negative impact they can cause according to their wave length, and likewise, to deepen on the effects of optical radiations (visible) and non-visible ones. The radiations of the electromagnetic field are divided into ionizing and non-ionizing radiations. The ionizing ones have more energy and are capable of ionizing, unlike the non-ionizing ones that do not have enough energy and therefore are not capable of ionizing. Visible or optical and electromagnetic fields are found within non-ionizing radiation. This document mentions various aspects related to exposure to these radiations, covering certain scientific studies on some exposures of the same, highlighting the points on their possible effects of electromagnetic radiation. Likewise, a basic interview to a group of 16 people who work in the telecommunications area was implemented in order to be able to analyze more in depth the knowledge of people on this subject and the risks they face when exposed to these radiations due to their work. The research concluded that radiation is classified into two groups, ionizing and non-ionizing, having the shorter waves (X-rays with a wavelength of 10 nm - 0.1 pm and gamma rays with a wavelength of approximately 100 pm) as more harmful, while the other waves (ultraviolet, visible light, infrared, microwaves and radio with wavelengths from 10 nm to 10,000 m) represent minimal or almost no risk. However, there is no specific evidence that assures or confirms the connection between such risk or impact and the cause of the radiation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.5 OBJETIVOS	5
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO	6
3.1 HISTORIA (ANTECEDENTES).....	6
3.1.1 ISAAC NEWTON (1666)	6
3.1.2 WILLIAM HERSCHEL (1800).....	7
3.1.3 JOHANN RITTER (1801)	9
3.1.4 MICHAEL FARADAY (1831-1845).....	10
3.1.5 JAMES CLERK MAXWELL (1856)	11
3.1.6 HEINRICH HERTZ (1886).....	12
3.1.7 WILHELM RÖNTGEN (1895).....	13
3.1.8 PAUL VILLARD (1900)	14
3.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	15
3.2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	16
3.2.1.1 PARÁMETROS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	16
3.2.1.2 CARACTERÍSTICAS.....	17
3.2.2 RANGO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	18
3.3 RADIACIÓN.....	19
3.3.1 FUNDAMENTOS.....	21
3.3.2 RADIACIÓN IONIZANTES.....	23
3.3.2.1 RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	25

3.3.2.1.1 RAYOS GAMMA.....	25
3.3.2.1.2 RAYOS X.....	26
3.3.2.2 RADIACIÓN CORPUSCULAR	28
3.3.2.2.1 RADIACIÓN ALFA.....	29
3.3.2.2.2 RADIACIÓN BETA.....	29
3.3.2.2.3 NEUTRONES.....	29
3.3.2.2.4 RAYOS CÓSMICOS.....	29
3.3.2.3 PENETRACIÓN DE RADIACIÓN	29
3.3.3 RADIACIÓN NO IONIZANTE	30
3.3.3.1 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	30
3.3.3.2 LUZ VISIBLE	32
3.3.3.3 RADIACIÓN INFRARROJO	33
3.3.3.4 ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO DENTRO DEL ESPECTRO NO IONIZANTE.....	34
3.3.3.4.1 MICROONDAS.....	36
3.3.3.4.2 ONDAS DE RADIO	37
CAPITULO IV. METODOLOGÍA.....	39
4.1 ENFOQUE	39
4.2 VARIABLE DE INVESTIGACIÓN.....	39
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	40
4.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	40
4.4.1 ETAPA I: RECOLECCIÓN.....	41
4.4.2 ETAPA II: ANÁLISIS	41
4.4.3 ETAPA III: RESULTADOS	42
4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	42
CAPITULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	43
5.1 LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS , SUS RIESGOS Y EFECTOS EN EL CUERPO HUMANO.....	43
5.1.1 ONDAS ELECTROMAGNETICAS CON MENOR LONGITUD	43
5.1.1.1 DISCUSION	45
5.1.2 RADIACIONES OPTICAS.....	45
5.1.2.1 DISCUSION	49

5.1.3 ONDAS ELECTROMAGNETICAS CON MAYOR LONGITUD	49
5.1.3.1 DISCUSIÓN	54
5.2 RESUMEN DE DISCUSIÓN	55
5.2.1 ESTUDIOS A TRAVÉS DE LOS AÑOS	55
5.2.2 RADIACIONES Y SUS EFECTOS	56
5.2.2.1 RADIACIONES IONIZANTES	56
5.2.2.2 RADIACIONES NO IONIZANTE	58
5.2.3 ENTREVISTA REALIZADA	59
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	63
6.1. CONCLUSIÓN GENERAL	63
6.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	63
VII. RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍAS	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- El espectro electromagnético.....	4
Ilustración 2- Isaac Newton y la descomposición de la luz.....	7
Ilustración 3- Experimento sobre la temperatura de los colores.....	8
Ilustración 4- El Espectro Electromagnético.....	10
Ilustración 5- Ecuaciones de Maxwell.....	11
Ilustración 6- Aparato usado por Hertz para producir ondas de radio.....	12
Ilustración 7- Wilhelm Röntgen experimentando los rayos x.....	13
Ilustración 8- Partículas Alpha, Beta y Gamma.....	14
Ilustración 9- Referencia sobre las longitudes de onda y frecuencias.....	15
Ilustración 10- Ecuación Periodo.....	16
Ilustración 11- Características de las ondas.....	17
Ilustración 12- Campos Magnéticos y Eléctricos Oscilando.....	17
Ilustración 13- Fenómenos Ondulatorios en la naturaleza.....	18
Ilustración 14- Ecuación relación Planck.....	20
Ilustración 15- Estructura del Átomo.....	22
Ilustración 16- Fuentes de energía detectadas en la vía láctea observada desde un telescopio fermi.....	26
Ilustración 17- Tubo de rayos catódicos.....	27
Ilustración 18- El primero uso de un rayo x.....	28
Ilustración 19- Poder de penetración de las radiaciones ionizantes.....	30
Ilustración 20- Radiaciones dentro de las Ultravioleta.....	31
Ilustración 21- Clasificación de la Luz Visible.....	33
Ilustración 22- Categorización de los infrarrojos.....	34
Ilustración 23- Bandas de Radio Frecuencia establecidas por la ITU.....	34

Ilustración 24- Espectro electromagnético con sus respectivas bandas	36
Ilustración 25- Bandas de frecuencia en Estados Unidos y su manejo por parte de la Unión Europea	37
Ilustración 26- Diagrama de las Variables de Investigación.....	40
Ilustración 27- Proceso desarrolló de trabajo.....	41
Ilustración 28- Cronograma de Actividades.....	42
Ilustración 29- Dermatitis aguda.....	44
Ilustración 30- Bombardeo atómico en Japon.....	45
Ilustración 31- Longitudes de onda con respecto a las radiaciones ópticas.....	47
Ilustración 32- Efectos agudos y crónicos de la radiación ultravioleta.....	47
Ilustración 33- Pigmentación inducida por radiación.....	48
Ilustración 34- Evaluación fotografica de las arrugas faciales. Se muestra mejoras de arrugas despues de 6 meses.	49
Ilustración 35- Modelo de una cabeza humana con la ayuda del Software High Frequency Structure Simulator.....	52
Ilustración 36- Radiación absorbida en la cabeza proveniente de un teléfono movil.....	53
Ilustración 37- Incremento de estudios a través de los años.....	55
Ilustración 38- Tipos de radiación con sus posibles efectos.....	56
Ilustración 39- Efecto segun su dosis	57
Ilustración 40- Tipos de radición con sus posibles efectos.....	58
Ilustración 41- Respuestas Entrevista	59
Ilustración 42- Respuesta Entrevista	59
Ilustración 43- Respuesta Entrevista	60
Ilustración 44- Género de los entrevistados	61
Ilustración 45- Gráfico de las edades entrevistadas.....	61
Ilustración 46- Pregunta realizada con gráfico	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Rangos aproximados dentro del espectro electromagnético	19
------------------------------------------------------------------------	----

GLOSARIO

Prisma: cuerpo geométrico de cristal con dos bases triangulares paralelas, que se usa para reflejar.

Valle: la posición mas baja de la onda se llama valle.

Cresta: la posición más alta que presenta la onda.

Amplitud: la distancia que existe entre el valor máximo(la cresta) y el punto de equilibrio.

Longitud de onda: distancia existente entre dos crestas consecutivas.

Frecuencia: es la cantidad de veces que la vibración se repite por unidad de tiempo.

Periodo: es el tiempo que demora la onda en realizar una oscilación completa.

Reflexión: fenómeno de cambio en la trayectoria de propagación de la luz cuando choca contra una superficie.

Refracción: cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda al pasar de un medio a otro.

Difracción: fenómeno ondulatorio que ocurre cuando una onda se reproduce al atravesar una abertura u orificio.

Glioma: tipo más comunes de tumores cerebrales.

Meningioma: tumor que generalmente no es canceroso.

Motilidad: término de la biología para expresar la habilidad de moverse espontánea e independientemente.

Eritema: término médico para un enrojecimiento de la piel.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, los seres humanos están constantemente expuestos a varios tipos de radiación, clasificándose en: ionizantes y no ionizantes. Una radiación ionizante radia un nivel de frecuencia mucho más alto que una radiación no ionizante. Además de la principal fuente de radiación natural, el sol, la industrialización y las nuevas tecnologías aplicadas a la vida moderna también exponen a dispositivos que emiten radiación en el espectro electromagnético. A medida la tecnología se va desarrollando, la población humana se ve más afectada por varios tipos de radiaciones electromagnéticas, clasificándose por su fuente, potencia y frecuencia.

El ser humano vive rodeado de radiación a lo largo de su día, desde la radiación más leve hasta la más potente. En la última década las telecomunicaciones han explotado su tecnología, como se puede observar en la telefonía móvil en conjunto con el internet. No obstante, no debemos de menospreciar los equipos domésticos. Por si no lo sabían, en los hogares se tiene una exposición de fuentes de radiación no ionizantes, por ejemplo, los microondas, computadoras, teléfonos, radios y puntos de acceso a internet. Por lo tanto, en la presente se investigarán los diferentes tipos de radiación (ya que los aparatos manejan o emiten baja potencia o frecuencias equitativas) y qué tanto pueden llegar a afectar los diferentes tipos de radiación del espectro electromagnético en la salud del cuerpo humano.

El presente informe este compuesto por un total de seis capítulos. Primeramente, se presenta una introducción de acorde a la investigación, posteriormente, se plantea el problema de la investigación, el cual relata como perjudican las radiaciones en el cuerpo humano. Conforme a esto se logra determinar los alcances que con llevan al proyecto. En el capítulo 3 se encuentra información que facilitará la comprensión de los conceptos y sus respectivas definiciones. Al tener conceptos más claros y con un mayor conocimiento mediante estudios, antecedentes e investigaciones anteriores se podrá abordar de manera clara el capítulo 4, el cuál detalla las herramientas y métodos a implementar en dicha investigación. Validando los puntos anteriores se podrá proceder a la recopilación de resultados obtenidos mediante investigaciones y estudios previos, mencionados en el capítulo 5, para luego poder finalizar abordando las posibles conclusiones y recomendaciones encontradas en el capítulo 6 y 7.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el enunciado del problema, se explica en detalla la incertidumbre a investigar, y se revelan todos los puntos ligados en el problema, seguido de sus precedentes, incluido la definición, justificación y objetivos.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La primera fuente de radiación existente proviene del sol, llamándose radiación solar o irradiación; funcionando de tal manera que penetra la atmosfera y produce distintos niveles de calor y de radiación electromagnética. Esta fuente de radiación se esparce por todo el espectro electromagnético utilizando su alta fuente de energía atreves de tres regiones distintas entre ellas la luz visible, la radiación U.V. y la radiación infrarroja.

La historia del espectro electromagnético es la misma de la electricidad y el magnetismo. A lo largo de las tres cuartas partes del siglo XX, el espectro no solo jugó un papel decisivo en la creación de nuevas y enormes industrias, sino que tuvo un papel fundamental en la comunicación entre humanos. El conocimiento general del magnetismo se origina desde la antigüedad, surgiendo desde Tales, siendo el primero en mencionar que las rocas modificaban o alteraban el hierro, para luego parar por Petrus quien invento la aguja de la brújula. Al paso del tiempo surge Gilbert quien dio el primer paso a el estudio del magnetismo. Más adelante los fenómenos eléctricos avanzaban en conjunto con el magnetismo, pero aun sin poder relacionarse. La relación ocurre en 1819 con Oersted acercando la brújula a un alambre que pasaba corriente, la aguja se alteró y giro llegando a un ángulo recto con la corriente. En el siglo XIX científicos vinculaban la electricidad con el magnetismo, tiempo después maxwell y Faraday logran la relación exacta entre ellas. Luego de ese acontecimiento, Maxwell predice otras ondas electromagnéticas, que a su vez viajaban a través del espacio. Gracias a su teoría Hertz logra descubrir las ondas radioeléctricas. Años después, Roentgen descubrió mediante un experimentó de una descarga de alta tensión con un tubo al vacío, la radiación actualmente conocida como rayos x. (Clark, 1980).

En la época de los noventa empezaron a surgir las distribuciones de aparatos móviles. Estos dispositivos producen radiofrecuencias en forma de energía. Muchas veces las radiofrecuencias han sido relacionadas con enfermedades tales como el cáncer, riesgo de

tumores u otros. Las ondas de radiofrecuencia se originan de las antenas produciendo niveles altos y bajos de energía dependiendo de la cercanía entre un punto y otro, es decir las ondas serán más fuertes entre más cerca se encuentre de la antena e irán rápidamente disminuyendo su energía al alejarse de la misma. Es así, como funcionan la radiación entre los dispositivos móviles y los seres humanos, entre más cerca este el dispositivo de nosotros más alto será el nivel de exposición.

Es evidente que la exposición del ser humano ante cualquier tipo de radiación en tiempos prolongados o excesivos, pueden provocar daño para la salud. En la actualidad, se producen diversas incógnitas sobre los efectos de los distintos tipos de radiación en el ámbito electromagnético. Las inquietudes se generan debido al riesgo que encuentran personas que laboran o residen a una corta distancia de una emisora de antenas o simplemente algo tan común como el uso constante de un secador de cabello. Observando el entorno se puede notar como el uso de todas estas herramientas se ha vuelto una rutina diaria para todos los seres humanos. De aquí nace la incertidumbre por la cual muchos se cuestionan ¿existe una relación entre la radiación que recibe el ser humano en la actualidad comparada con la que recibía el ser humano en generaciones anteriores con la variación en la expectativa de vida? Concluyendo que en el presente los seres humanos viven más expuestos por consecuencia de distintos factores que se encuentran en el entorno. Existen fuentes naturales de campos electromagnéticos que resultan no visibles para el ser humano. Luego de éstas están las fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre, como es de conocer, la electricidad, equipos médicos (rayos X), antenas móviles o estaciones de radio, entre otras. En la actualidad la radiación no suele ser visible o palpable sin embargo todos los días se está expuesto a ellas, utilizando dispositivos eléctricos que la generan y sella sabiendo que sin esta el mundo no podrá existir.

En la ilustración 1 se puede observar que el espectro electromagnético irradia energía y frecuencia que va desde la más baja hasta la más alta. Se puede notar la diferencia entre las radiaciones no ionizante y radiaciones ionizantes. En cuanto a las radiaciones ionizantes se logra observar que las ondas de frecuencia son más elevadas, es decir la longitud de la onda es más corta lo cual indica que transporta más energía que las radiaciones no ionizantes.

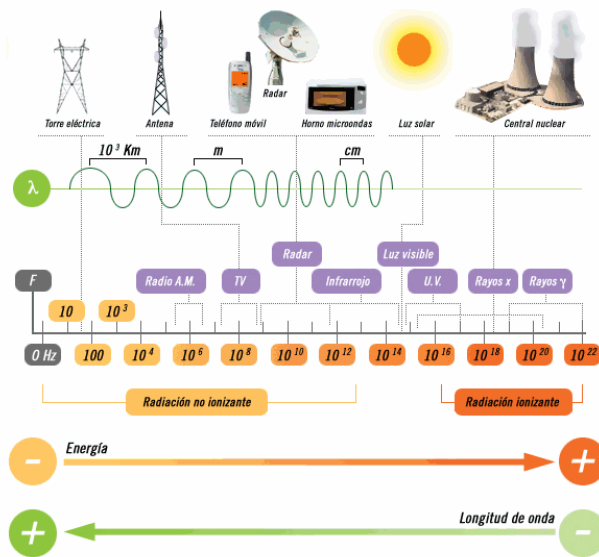


Ilustración 1- El espectro electromagnético

Fuente: (Omtel, n.d.)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los seres humanos en un entorno general no tienen conocimiento sobre la radiación que transmiten o reciben, mucho menos de cómo prevenir o protegerse de altas dosis de radiación. La cantidad de radiación actualmente emitida (que surge de las aplicaciones de telecomunicaciones, medicina, ciencia, investigación, equipos en el hogar y principalmente mediante forma natural) provoca daños que pueden considerarse desde leves hasta graves en la salud, dependiendo de su tipo, clasificación u intensidad.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Desde los inicios de las telecomunicaciones el uso de propagación de información a través de ondas electromagnéticas ha sido un pilar fundamental para el funcionamiento de estas comunicaciones. Sin embargo, las ondas electromagnéticas provenientes de las telecomunicaciones no son las únicas ondas electromagnéticas que se pueden encontrar a nuestro alrededor o en general en el universo. De hecho, las ondas electromagnéticas en las telecomunicaciones son solamente una porción del espectro electromagnético. Dentro de este

se encuentran, diversas clases de ondas, entre ellas, la luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos Gamma. Ciertamente, algunos de estos tipos de ondas electromagnéticas pueden causar impacto sobre la salud de las personas.

Los riesgos que producen la exposición a la radiación empiezan a surgir a un largo plazo, no llegan a ser visible en el instante si no que, llegan afectar entre un mediano o largo plazo. Para estar dentro de un campo de riesgo de la radiación se toman en cuenta diversos factores su intensidad, el tiempo de exposición, el tipo de radiación y el tipo de tejido al que esta va dirigido. Comprendiendo todas las enfermedades causadas por la radiación resaltan una de las más principales, el cáncer de piel, producida por las altas exposición a la radiación natural que proviene del sol, Sin embargo, estos efectos no incluyen las radiaciones utilizadas dentro de las telecomunicaciones. Por esta razón, en la presente investigación se busca determinar los efectos que pueden tener cada uno de los tipos de ondas electromagnéticas sobre la salud de las personas en base en las investigaciones realizadas con anterioridad.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿A qué riesgo se enfrenta una persona al momento de estar expuestos a las diversas fuentes de radiación?
- 2) ¿Cuáles son los niveles de riesgo que se presentan a causa de las radiaciones ópticas?
- 3) ¿Qué influencia tienen las ondas de mayor longitud provenientes de las radiaciones no ionizantes en la salud humana?

2.5 OBJETIVOS

En esta parte de la investigación mencionaremos los objetivos, dando a conocer los puntos que se desarrollarán e investigarán a lo largo del proyecto destacando los objetivos generales y específicos.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y estudiar los posibles riesgos y efecto a causa de las ondas electromagnéticas según su magnitud de frecuencia.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar los riesgos que corre una persona al exponerse a ondas electromagnéticas con menor longitud de onda.
- 2) Categorizar los efectos que tienen las radiaciones ópticas sobre la salud humana.
- 3) Determinar si las ondas electromagnéticas con mayor longitud de onda poseen un efecto negativo sobre la salud humana.

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

La presente investigación se basa en una recopilación de conceptos lo cual serán de gran base al momento de comprender el método que será utilizado. Se necesitará comprender los temas que van ligados con las preguntas de investigación para ello se comprenderá los conceptos que van ciertamente relacionados con el espectro electromagnético, sus divisiones y sus tipos de radiación. Una descripción completa de esta misma nos ayudara a entender los procedimientos y la explicación de los resultados, que se presentaran en las siguientes secciones.

3.1 HISTORIA (ANTECEDENTES)

El espectro electromagnético se puede reseñar como el conjunto de diferentes tipos de luz; el ojo del ser humano es incapaz de ver todo tipo de luz. La información es transportada de manera irreconocible mediante la luz y es usada de manera constante por medio de aparatos electrónicos como puede ser, un celular para mandar y recibir mensajes de textos, los automóviles para sintonizar una estación de radio o simplemente para mandar una foto a otro usuario mediante el enrutador de tu casa, así como muchas funciones más que nuestro ojo humano no percibe.

3.1.1 ISAAC NEWTON (1666)

En 1666 Isaac Newton hizo uno de los más importantes descubrimientos en la historia de la Astronomía: el espectro. En una habitación oscura, hizo pasar luz solar a través de una pequeña abertura circular en una persiana. Colocó varias lentes y un prisma, y detrás de éste

vio diferentes colores. Encontró una explicación más aclaradora cuando cubrió el agujero con un trozo de papel en el que había realizado una hendidura paralela a una de las caras del prisma. Los colores se superponían uno sobre otro. El prisma había dividido la luz solar en los colores del arco iris. (García, s/f)



Ilustración 2- Isaac Newton y la descomposición de la luz

Fuente: (Okdiario, 2017)

Mediante este descubrimiento logramos comprender que la luz del sol consiste en una serie de colores (colores del arcoíris) llamada descomposición de colores, es decir, que la luz está conformada por partículas diminutas (que ante nuestros ojos parecen blancas) y que al situar un cuerpo geométrico formado por dos caras (prisma), se logra obtener una división de los colores.

3.1.2 WILLIAM HERSCHEL (1800)

Después del descubrimiento tan asombroso de Isaac Newton quedaron a la deriva muchas teorías sin resolver o por investigar, fue ahí un siglo más adelante en 1800, donde William Herschel, astrónomo alemán, realizó un hallazgo que abrió muchos campos por resolver. Su objetivo era descubrir cuánto calor atravesaban los filtros de color que eran pasados por el prisma, ya que se percató que el calor que entregan depende del color, es decir, que el dedujo que el color en sí mismo puede colar diferentes temperaturas.

Para ello Herschel utilizó tres termómetros con bulbos ennegrecidos para absorber mejor el calor. Colocó un bulbo en cada color, mientras que otros dos fueron colocados fuera del espectro, como muestras de control. Al medir las temperaturas de la luz violeta, azul, verde,

amarilla, naranja y roja, notó que cada color tenía una temperatura mayor que los termómetros de control, y que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo. Después de realizar ese experimento, Herschel decidió medir la temperatura en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz. Para su sorpresa, descubrió que esta región tenía la temperatura más alta de todas. (*Educación: Sir Frederick William Herschel (1738-1822), s/f*)

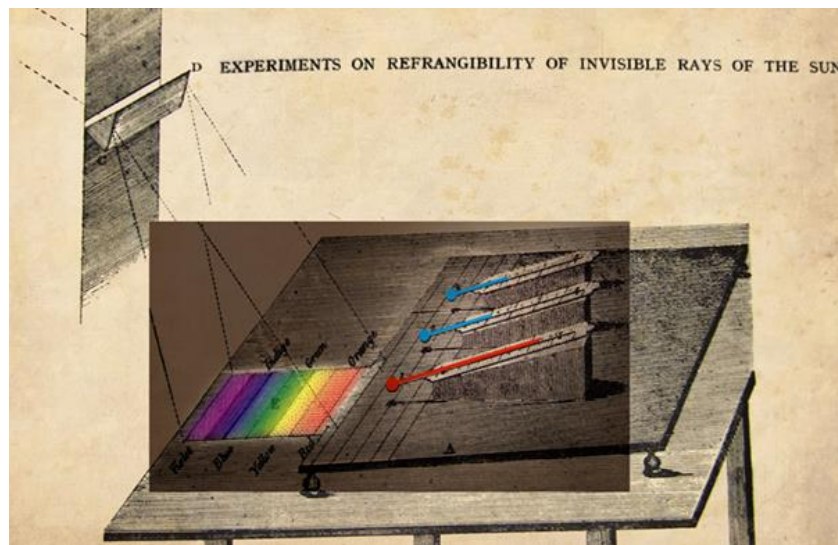


Ilustración 3- Experimento sobre la temperatura de los colores

Fuente: (The Royal Society Publising, 1997)

Sin embargo, al descubrir que los colores tenían un comportamiento diferente en la temperatura realizó diversos experimentos.

Herschel hizo otros experimentos con lo que llamó "rayos caloríficos", que existían más allá de la región roja del espectro. Encontró que eran reflejados, refractados, absorbidos y transmitidos igual que la luz visible. Sir William había descubierto una forma de luz —o radiación— ubicada más allá de la luz roja. Estos "rayos caloríficos" fueron posteriormente denominados rayos o radiación infrarrojos (el prefijo infra significa debajo). (*Educación: Sir Frederick William Herschel (1738-1822), s/f*)

Al descubrir que la temperatura en la región roja era más alta decidió llamarla infrarroja y es ahí donde se dio el salto más grande para el espectro, ya que nos demostró que hay formas de luz que no son visibles por el ojo del ser humano y es así como nace el descubrimiento de

otros tipos de onda como las que conocemos hoy en día: radio, microondas, rayos x, rayos gamma, ultravioleta, infrarrojos y espectro visible.

3.1.3 JOHANN RITTER (1801)

Un año más tarde Johann Wilhelm Ritter, quien estudio medicina y ciencia; al tener conocimiento sobre lo que trabajo Herschel se animó a investigar o indagar más a fondo dichos descubrimientos. Luego de que Herschel descubrió que la forma de luz en la porción roja de la luz visible va más allá y no logran ser percatadas por el ojo del ser humano. Es aquí donde Johann indaga y experimenta con el color violeta.

En 1801, él estaba experimentando con cloruro de plata, un químico que adquiere un color negro cuando es expuesto a la luz solar. Él había escuchado que la exposición a la luz azul causaba una reacción mayor en el cloruro de plata que su exposición a la luz roja. Ritter decidió medir la velocidad a la cual el cloruro de plata reaccionaba cuando se exponía a luz de diferentes colores. Para lograr esto, dirigió luz solar a través de un prisma de vidrio para crear un espectro. Posteriormente, colocó cloruro de plata en cada color del espectro. Ritter notó que el cloruro de plata mostró poco cambio en la parte roja del espectro, mientras que se oscurecía cada vez más hacia la parte violeta del espectro. Esto probó que la exposición a la luz azul sí causaba que el cloruro de plata ennegreciera mucho más eficientemente que con la exposición a la luz roja.

Johann Ritter posteriormente decidió colocar el cloruro de plata en el área localizada más allá de la parte violeta del espectro, en una región donde la luz solar no era visible. Para su asombro, vio que el cloruro de plata exhibía una intensa reacción más allá de la parte violeta del espectro, donde ninguna luz podría ser vista. Esto demostró por primera vez que una forma de luz invisible existía más allá del término violeta del espectro. Este nuevo tipo de luz, la cual Ritter llamó Rayos Químicos, comenzó a ser conocida como luz o radiación ultravioletas (la palabra *Ultra* significa más allá). El experimento de Ritter, más el descubrimiento de Herschel, probaron que formas invisibles de luz existían más allá de ambos términos del espectro visible. (*Ritter Descubre la Luz Ultravioleta, s/f*)

Es así como Johann Ritter explica que, si existen ondas más allá del color violeta y que con su experimento, fueron identificadas y nombradas rayos ultravioletas. Este simple descubrimiento partiendo desde Herschel y uniendo a Ritter, nos permite concluir que existen muchas formas

en los extremos del espectro visible que apenas conocemos, iniciando con el color violeta hasta terminar al extremo color rojo.

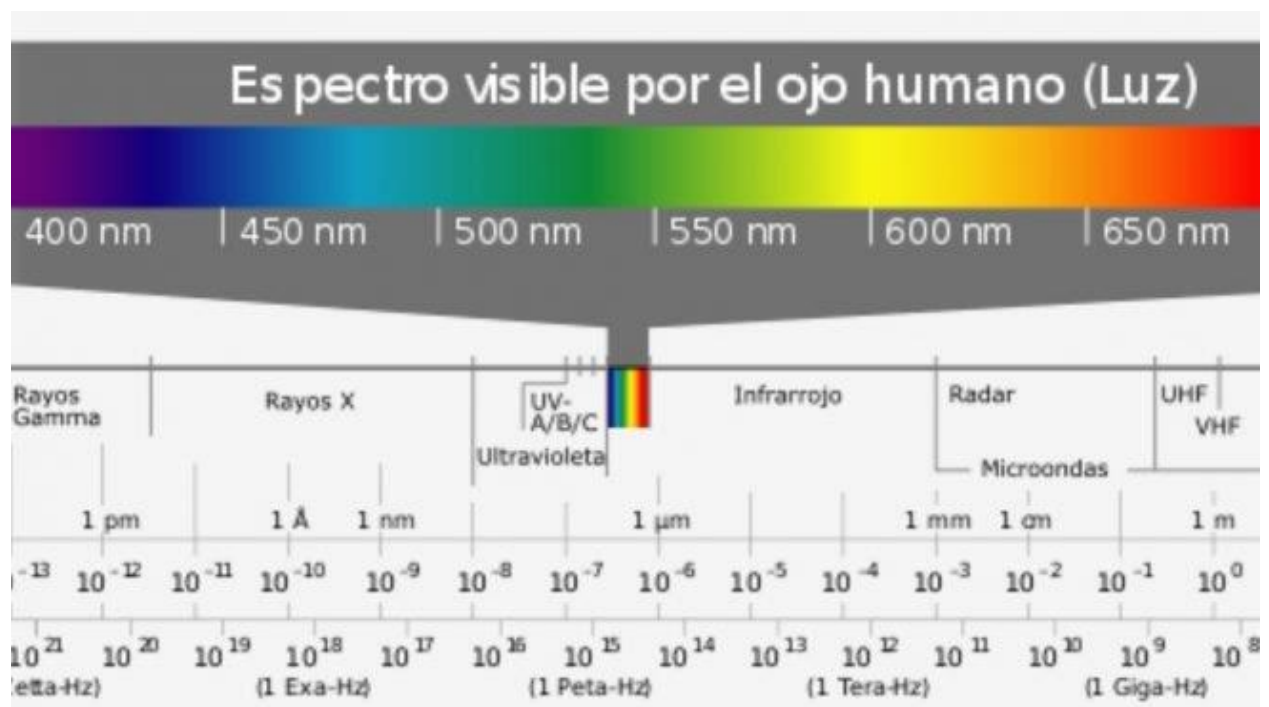


Ilustración 4- El Espectro Electromagnético

Fuente: (Okdiario, 2019)

3.1.4 MICHAEL FARADAY (1831-1845)

En los años Faraday 1831 demostró que un imán podía generar electricidad dentro de una bobina de alambre. Convertía imanes y movimiento en energía eléctrica y es así como se dio la introducción a lo que conocemos como electromagnético.

En 1845 la radiación electromagnética tuvo inicialmente sus primeras intervenciones con el electromagnetismo. Cuando Michael Faraday sale a la luz con el hallazgo de la inducción electromagnética, la cual describe la interacción electromagnética, y es así como descubre que un campo electromagnético afecta la luz polarizada.

Encontró que el plano de vibración de un rayo de luz linealmente polarizada incidente en un pedazo de vidrio rotaba cuando se aplicaba un campo magnético en la dirección de propagación del rayo. Esta fue una de las primeras indicaciones de que el electromagnetismo y la luz estaban relacionados. ("Faraday y la teoría electromagnética de la luz", 2017)

(Conocido como efecto Faraday.)

Pero aun con todos estos descubrimientos y experimentos él no lograba comprender la relación entre la electricidad y el magnetismo y es ahí donde,

3.1.5 JAMES CLERK MAXWELL (1856)

Más adelante James Clerk Maxwell, en 1865, demuestra matemáticamente el funcionamiento de la electricidad y el magnetismo en conjunto a una serie de ecuaciones (4 ecuaciones) las que hoy conocemos como "ecuaciones de Maxwell". Lo que representan estas ecuaciones es cómo se comporta el magnetismo y la electricidad en el vacío o en un material medio. Estas 4 ecuaciones son nada más que la recolección de experimentos de científicos anteriores. Su mayor invención fue demostrar que una carga eléctrica en actividad puede crear un campo electromagnético, propagándose por el espacio a una velocidad constante (velocidad de la luz). Sin embargo, él no creía que esto era una coincidencia, así que declara que la luz es radiación electromagnética y finaliza prediciendo la existencia de otras frecuencias de radiación para ser descubiertas por otras personas.

"Brevemente, las cuatro ecuaciones de Maxwell para el vacío dicen: 1) no hay cargas eléctricas en el vacío; 2) no hay monopolos magnéticos en el vacío; 3) un campo magnético cambiante genera un campo eléctrico, y 4) viceversa " (Maxwell, s/f).

De este modo las ecuaciones de Maxwell quedan así:

- **Ley de Gauss:** $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$
- **Ley de Faraday:** $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
- **Ley de Gauss para el campo magnético:** $\nabla \cdot \vec{B} = 0$
- **Ley de Ampère-Maxwell:** $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Ilustración 5- Ecuaciones de Maxwell

Fuente: (Gómez & Gonzáles, 2012)

Es así como la existencia del espectro electromagnético es detectado mediante maxwell años antes de poder ser detectado.

3.1.6 HEINRICH HERTZ (1886)

Un poco más adelante Heinrich Hertz, en 1886, con el conocimiento previo de Maxwell, sobre las ondas de baja frecuencia junto con las infrarrojas, Hertz detecta la radiación electromagnética fabricando una máquina para procrear y encontrar lo que hoy conocemos como ondas de radio, logrando ser el primero en comunicar una antena emisora y una antena receptora. Al demostrar que las ondas de radio son electromagnéticas en la naturaleza de la frecuencia de las ondas de radio se le otorga el nombre Hertz, en su honor.

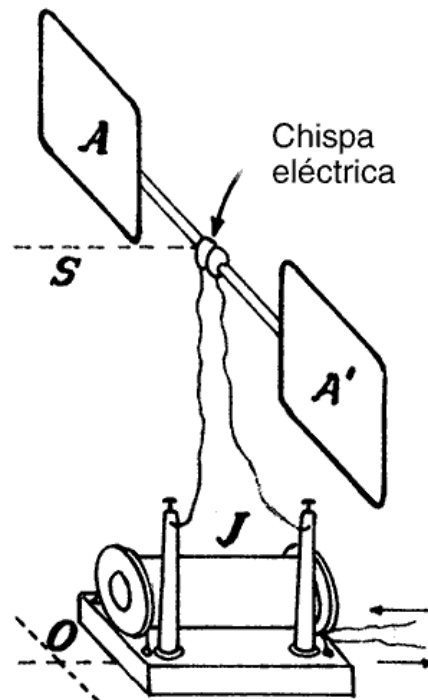


Ilustración 6- Aparato usado por Hertz para producir ondas de radio

Fuente: (Prensa Científica, S.A., 2009)

“Mediante una bobina de inducción conectadas a las láminas de cobre A y A', las dos esferas de latón adquieren un potencial eléctrico diferente tal que en un momento dado se produce una descarga (chispa) eléctrica ” (*Descubrimiento de las ondas de Radio*, 2009).

Logrando la sintonización de dos diferentes puntos mediante la validación de la teoría de Maxwell.

3.1.7 WILHELM RÖNTGEN (1895)

Wilhelm Röntgen es considerado el descubridor de otro tipo de radiación al que conocemos como los rayos X, en 1895, mediante un tubo al vacío, este tubo emitía luz y al ver que este tubo brillaba, Wilhelm se percató que una pantalla cerca de donde él estaba trabajando empezó a relumbrar, sin embargo, el tubo estaba cubierto. Al notar que la pantalla brillaba y no había luz para que su pantalla estuviera encendida, es ahí donde él logra percatarse de una nueva radiación. Röntgen empezó a experimentar con varios tipos de materiales y descubrió que si lograba atravesarlos, al finalizar con todos los materiales que pudo corroborar se le ocurrió poner su mano para ver si el rayo lograba atravesarlo y es ahí cuando el científico reconoce y descubre el rayo X, logrando ver su propio esqueleto en la pantalla. Denominando el rayo con su nombre al que hoy conocemos como rayo X, denominado con la letra X como algo desconocido.

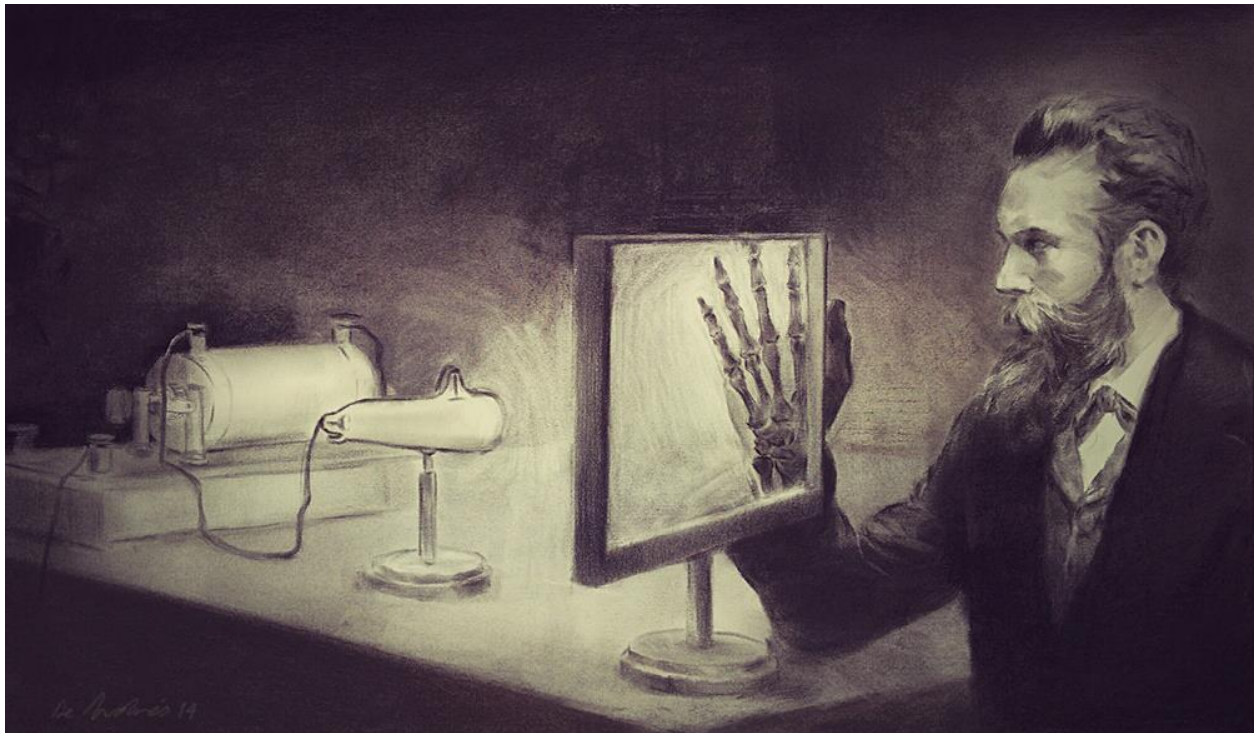


Ilustración 7- Wilhelm Röntgen experimentando los rayos X

Fuente: (Andrés, 2014)

3.1.8 PAUL VILLARD (1900)

Para finalizar con la historia del espectro electromagnético cabe mencionar a Paul Villard quien fue uno de los personajes más importantes en el descubrimiento de lo que llamamos rayos gamma. En 1900 se encontraba realizando experimentos con las partículas alfa y beta. Fue ahí donde encontró un tipo de radiación diferente que tenía un mayor alcance que la alfa y beta, pero de igual forma era muy parecida a las radiaciones mencionadas anteriormente. Más adelante, en 1903, esta fue nombrada rayos gamma por Ernest Rutherford quien fundamenta que las partículas de esta radiación son totalmente diferentes al alfa y beta. Seis años más adelante, William Henry da a conocer que los rayos gamma son considerados radiaciones electromagnéticas, al igual que las demás radiaciones. Considerando que son radiaciones electromagnéticas y no partículas, Ernest Rutherford, quien las nombra rayos gamma, se une con Edward Andrade para realizar pruebas de medición de ondas con respecto a sus longitudes y confirman que son similar a los rayos X, teniendo en cuenta que su longitud es diferente.

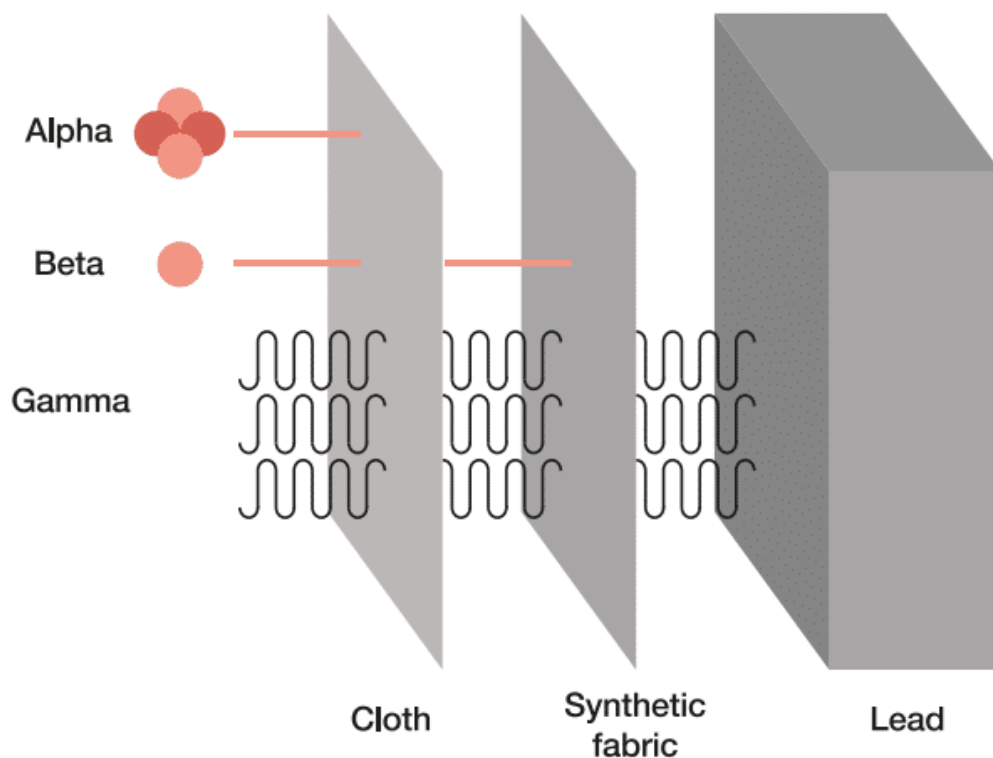


Ilustración 8- Partículas Alfa, Beta y Gamma

Fuente: (Chicago, n.d.)

3.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La luz es definida como onda electromagnética, mientras que otros profesionales la llaman como radiación electromagnética. Cuando se refiere a radiación, es muy sencillo, empíricamente se puede definir como la energía transferida de un dispositivo o desde un lugar a otro sin tocar ninguna de ellas. Estas pueden variar según su energía o longitud de onda, así se observa de un extremo a otro, es decir desde el extremo con los que presentan un mayor aumento de energía, rayos gamma, hasta el extremo contrario con las ondas de radio que presentan menos energía.

El espectro es partido en diferentes partes, longitud (largo) de onda y frecuencia tal cual se muestra en la ilustración 8. Cada onda que se encuentra dentro del espectro electromagnético tiene un tamaño diferente, es así como su energía es transmitida moviéndose de un punto a otro. Puntualmente se entiende o define que entre más pequeña es la onda (longitud de onda) superior será su energía. El estudio de la luz, sus diferencias y sus diferentes tipos de uso, se han venido evolucionando constantemente desde hace mucho tiempo. Lo que se conoce como radiación y luz es el fundamento que se encuentra en el rango nombrado, el espectro electromagnético, teniendo un límite (no específico). Estos diferentes tipos serán vistas individualmente a continuación.

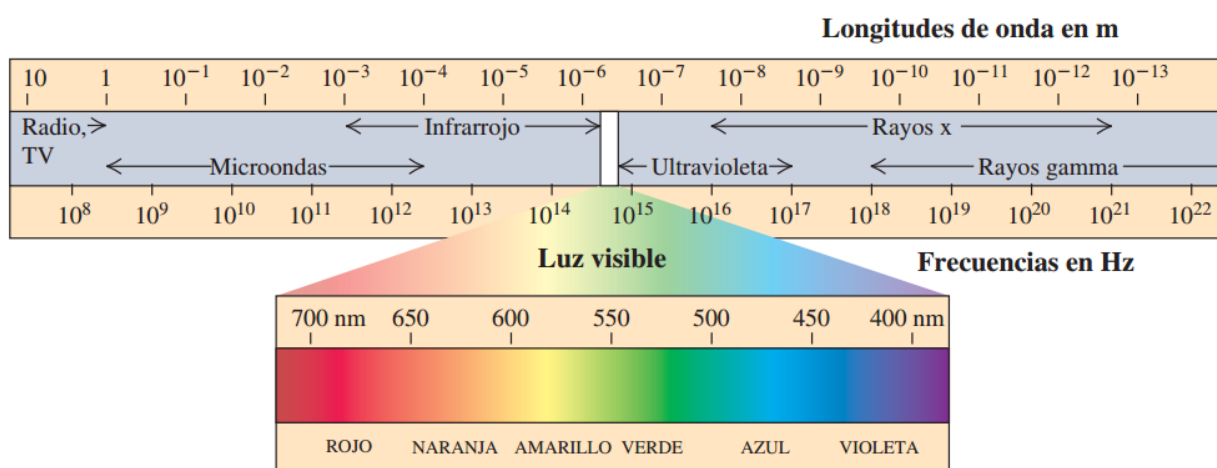


Ilustración 9- Referencia sobre las longitudes de onda y frecuencias

Fuente: (Fonrouge, n.d.)

3.2.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas son energía que pasa a través de un vacío o medio material en forma de campos eléctricos y magnéticos verticales oscilándose entre sí. Las ondas electromagnéticas corresponden a la región de frecuencia más alta hiperspectral (más elevada). La longitud de onda es nombrada a una longitud de oscilación exacta, estas viajan a velocidad luz 2.99792×10^8 m/s.

3.2.1.1 PARÁMETROS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas se caracterizan por tener un valle, es decir el sitio más bajo. Luego tenemos la cresta que la definimos como el sitio más alto. La amplitud se conoce como el centro de la onda, es decir el espacio entre el sitio más alto y el sitio o punto de equilibrio. Para finalizar tenemos lo que es la longitud de onda esta se define como la distancia entre sus crestas o valles consecutivos. Se le conoce por lambda (λ).

La frecuencia (Hz) es dada por la cantidad de veces que recorta la línea de tiempo, es decir, el número de ondas conociéndose por frecuencias la cual describe el número de longitudes de ondas completas que pasan por un punto dado en el espacio en un segundo. Con esto se puede decir que son inversamente proporcional, cuanto más corta es la longitud de onda, más alta será su frecuencia.

El periodo es el tiempo que tarda la longitud de onda en pasar por un punto, el tiempo que demora en moverse, conociéndose por las veces que se repiten, llamándose ciclo. Estas están enlazadas con la velocidad, ya que esta es un cambio en el espacio.

$$T = \frac{1}{F}$$

Ilustración 10- Ecuación Periodo

Fuente: (Brainly, 2019)

La velocidad de las ondas electromagnéticas no depende de la frecuencia ni su longitud de onda, su dependiente total es por el medio donde se propaga.

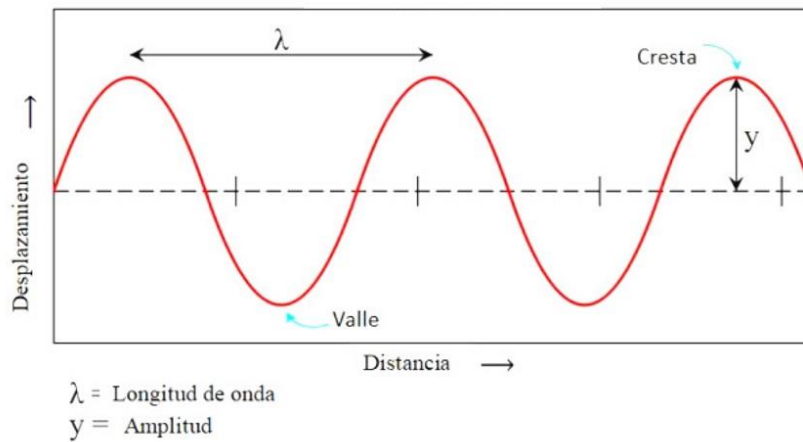


Ilustración 11- Características de las ondas

Fuente: (Lifeder, n.d.)

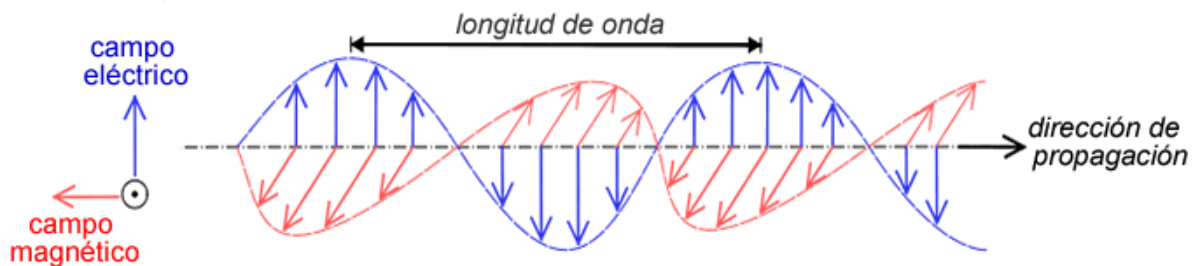


Ilustración 12- Campos Magnéticos y Eléctricos Oscilando

Fuente: (Consulting, n.d.)

3.2.1.2 CARACTERÍSTICAS

Al momento que la luz visible y otra radiación electromagnética incide en un terreno de metal, se le denomina reflexión. Cuando la luz visible incide en una superficie transparente como el vidrio o el agua se conoce como refracción, esta depende del ángulo de incidencia. El uso de estos conceptos ha sido utilizado en diferentes artefactos para dividir colores, así como o es el prisma, en otros casos como las cámaras o lentes que en vez separar reúne la luz. La difracción se conoce cuando la luz traspasa aberturas diminutas o que atraviesa componentes delgados.

La última característica llamada dispersión, se denomina al momento que la luz se encuentra con moléculas diminutas o partículas.

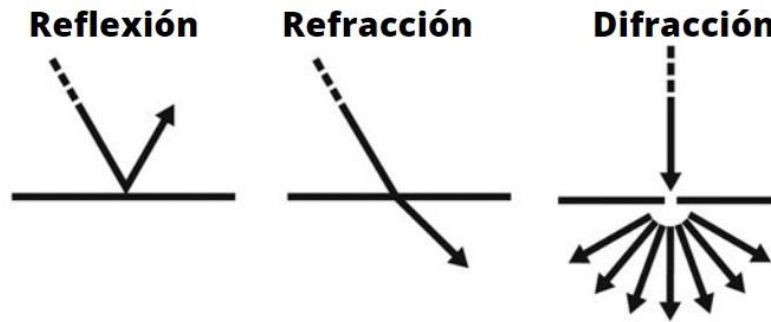


Ilustración 13- Fenómenos Ondulatorios en la naturaleza

Fuente: (Lifeder, n.d.)

3.2.2 RANGO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Teniendo un concepto más claro o con conceptos básicos de las ondas se pasa a conocer sobre su rango. Estos se clasifican según su frecuencia, energía o longitud de onda. Como se observó anteriormente, las longitudes de onda son inversamente proporcionales a la frecuencia y es por ello por lo que la longitud de onda de los rayos gamma es corta, teniendo una energía más alta, y por el otro lado son más largas con una energía menor, y es por eso por lo que ha sido clasificados en diferentes partes.

En la figura 13 se observa en una tabla los diferentes tipos de radiación que se conocen hoy en día, cubriendo diferentes longitudes de onda, desde frecuencias más bajas hasta más altas. Cabe mencionar que las ondas cuando encuentran una materia, se produce una reducción en la longitud. En general estas se clasifican: ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos x y rayos gamma.

www.unicrom.com		Longitud de onda	Frecuencia	Energía
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 KHz	< 1.99 e-29 J
	Onda Larga	< 10 km	> 30 KHz	> 1.99 e-29 J
	Onda media	< 650 m	> 650 KHz	> 4.31 e-28 J
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 Mhz	> 1.13 e-27 J
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 Mhz	> 2.05 e-26 J
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 Mhz	> 1.99 e-25 J
Microondas		< 30 cm	> 1.0 Ghz	> 1.99 e-24 J
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	< 1 mm	> 300 Ghz	> 199 e-24 J
	Medio	< 50 um	> 6.0 Thz	> 3.98 e-21 J
	Cercano	< 2,5 um	> 120 Thz	> 79.5 e-21 J
Luz Visible		< 780 nm	> 384 Thz	> 255 e-21 J
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 Thz	> 523 e-21 J
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz	> 993 e-21 J
Rayo X		< 10 nm	> 30.0 Phz	> 19.9 e-18 J
Rayos Gamma		< 10 pm	> 30.0 Ehz	> 19.9 e-15 J

Tabla 1- Rangos aproximados dentro del espectro electromagnético

Fuente: (Electrónica Unicrom, 2020)

3.3 RADIACIÓN

La radiación se conoce por la transmisión de energía de un punto a otro, es decir la difusión de ondas o partículas. Las radiaciones tienen dos puntos diferentes llamadas radiación electromagnética y radiaciones corpusculares.

"Las radiaciones electromagnéticas pueden definirse como aquellos procesos en los que se emite energía bajo la forma de ondas o partículas materiales y pueden propagarse tanto a través de un medio material como en el vacío"(14 RADIACIONES.pdf, s/f).

La radiación es una forma de energía que se propaga en el espacio. Se le conoce por su formación de fotones y es definido como el paquete de energía más pequeño que este sujeto a la frecuencia, además se distingue mediante su longitud de onda. Este término lo conocemos debido a una ecuación planteada por Planck, él decía que la energía no se emite continuamente asumiendo que más alta la energía menor es la longitud de onda y derivó una ecuación que relación a la energía con radiación.

$$E = h\nu$$

E = energy
h = Planck's constant
\nu = frequency of light

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

E = energy
h = Planck's constant
c = speed of light
\lambda = wavelength

Ilustración 14- Ecuación relación Planck

Fuente: (CHARLES CENTER SUMMER, 2016)

La radiación corpuscular es la que emplea una forma de transmisión de energía relacionada con la masa. Las que tienen energía lo suficiente para poder ionizarse, La radiación electromagnética es lo contrario ya que no tiene masa, solo energía.

Clasificación

La radiación puede estar clasificada en dos partes:

1. Radiaciones electromagnéticas
2. Radiaciones corpusculares

Electromagnéticas

Las radiaciones electromagnéticas cuyas se transmiten ondulatoriamente con energía de imán o eléctrica, teniendo la misma velocidad con el hecho que se diferencian por su frecuencia o longitud de onda.

Dentro de las mismas radiaciones electromagnéticas se encuentran estos tipos de radiaciones:

- No Ionizantes: UV, Visible, Infrarrojas, Radiofrecuencia.
- Ionizantes: Rayos X y Rayos Gamma

Corpusculares

-Las radiaciones corpusculares se conocen por sus partículas trasladándose a velocidades altas teniendo masas y energía.

En este tipo se encuentran las radiaciones:

- Alfa
- Beta
- Neutrónicas
- Cómicas

-Las Radiaciones ionizantes poseen energía alta y se conocen las corpusculares y las electromagnéticas.

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones) y que tienen energía suficiente como para modificar la materia a nivel atómico. La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. (*Radiaciones ionizantes, s/f*)

-Las radiaciones no ionizantes contienen tienen baja energía, son conocidas como los campos electromagnéticos y las radiaciones ópticas, estas están delimitadas entre los 100nm y 1mm.

“Su energía no es suficiente para liberar electrones de los átomos ni romper enlaces químicos.”(Vega, s/f).

3.3.1 FUNDAMENTOS

El átomo era la incógnita que los científicos querían descifrar. Conocemos que el átomo dispone de un pequeño núcleo positivo cercado por electrones con carga negativa. El núcleo es aproximadamente una décima parte del átomo completo, pero es tan pesado que forma parte total de la masa de todo el átomo.

El átomo es la unidad más básica de la materia con propiedades de un elemento químico. El átomo es el componente fundamental de toda la materia, o sea, todo lo que existe en el universo físico conocido está hecho de átomos. Todo el universo, todas las estrellas, galaxias, planetas y demás cuerpos celestes también están hechos de átomos. Los átomos se agrupan formando

moléculas y éstas constituyen todos los materiales que conocemos con las características físicas y químicas que observamos. (Geoenciclopedia, s/f)

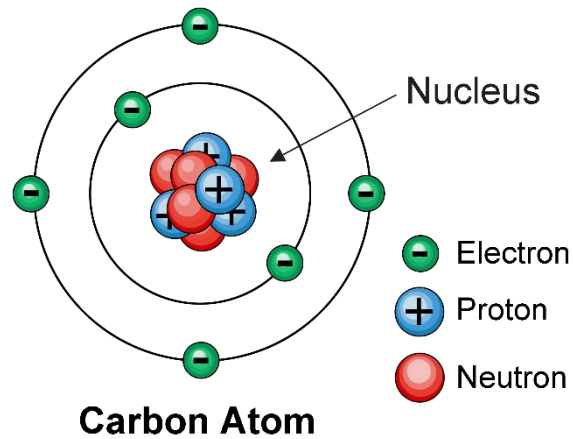


Ilustración 15- Estructura del Átomo

Fuente: (AMERICAN WELDING SOCIETY, 2020)

Partes del Átomo

-El átomo está compuesto por tres subpartículas:

- Protones, con carga positiva.
- Neutrones, sin carga eléctrica (o carga neutra).
- Electrones, con carga negativa.

-A su vez, se divide en dos partes:

- El núcleo. Formado por neutrones y protones.
- La corteza. Formada únicamente por electrones.

Los protones, neutrones y electrones son las partículas subatómicas que forman la estructura atómica. Lo que les diferencia entre ellos es la relación que se establecen entre ellas. Los electrones son las partículas subatómicas más ligeras. Los protones, de carga positiva, pesan unas 1.836 veces más que los electrones. Los neutrones, los únicos que no tienen carga eléctrica, pesan aproximadamente lo mismo que los protones. Los protones y neutrones se encuentran agrupados en el núcleo atómico. Por este motivo también se les llama nucleones. La energía que mantiene unidos los protones y los neutrones es la energía nuclear. Por lo tanto, el núcleo atómico, tiene una carga positiva (la de los protones) en la que se concentra casi toda su masa. Por otra parte, alrededor del núcleo hay un cierto número de electrones,

cargados negativamente. La carga total del núcleo (positiva) es igual a la carga negativa de los electrones, de modo que la carga eléctrica total es neutra. (*Átomo. Características y estructura de los átomos, s/f*)

Los protones y neutrones son lo que conforman un núcleo. El neutrón no tiene carga, mientras que los protones mantienen una carga positiva. Las cargas se determinan por el número de protones. Se le conoce isotopos a los que tienen los mismos protones, pero con diferentes neutrones. Existen átomos estabilizados por índole, pero también existen inestabilidades.

Los radionúclidos son los átomos con núcleo inestable que liberan energía para su radiación. Esta energía se relaciona con otros átomos a tal punto de lograr la ionización. Ionización se le denomina al desarrollo de cargar átomos pasando por el provecho o baja de electrones positivos o negativos. Su energía expulsa electrones produciendo átomos cargados, llamados iones. Se conoce como desintegración alfa por la transmisión de dos neutrones y dos protones y a desintegración beta por la emisión de electrones.

3.3.2 RADIACIÓN IONIZANTES

Estas radiaciones son capaces de encajar una carga en un átomo neutral. La palabra ionización implica la eliminación de los electrones en los átomos. Los electrones libres y eventualmente átomos carados positivamente son conocidos por par de iones (par iónico). Si el átomo recibe suficiente suministro de energía, es posible separarlo del átomo o unos pocos electrones para desequilibrar la electricidad del átomo, el número de cargas positivas es mayor que el número de cargas negativas y por ende forma un átomo.

Los iones atómicos son generalmente muy reactivos y tienden a recuperar sus iones. La estabilidad se logra atrapando cargas libres o combinándolas con otros átomos produciendo compuestos químicos. La energía proporcionada no es suficiente para eliminar electrones. Los átomos se pueden usar para transferir electrones desde la capa interna completa a otras que no son completas.

Borh descubrió la excitación atómica en la cual los electrones reciben fotones o cargas que elevan sus niveles de energía. Los agujeros internos están ocupados por electrones, la externalidad cae de un nivel de energía a un nivel más bajo.

En otro caso esta excitación de átomos puede ocurrir a un nivel del núcleo debido a los cambios de energía nuclear. Los fenómenos atómicos que ocurren durante la ionización se conocen como: después de absorber energía, habrá saltos electrónicos, entre las diferentes capas hasta que el electrón finalmente sale del átomo. Estas radiaciones son las ondas electromagnéticas y corpusculares.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2020) afirma para evaluar los efectos de las radiaciones sobre la materia inerte o los seres vivos se utilizan las magnitudes "dosis absorbida" y "dosis equivalente". La dosis absorbida (D) es la cantidad de energía cedida por la radiación a la unidad de masa de materia irradiada. La unidad de medida en el SI es el Gray (Gy) que equivale a 1 J/kg. La dosis equivalente considera el daño producido. Es el producto de la dosis absorbida por un factor de ponderación que depende del tipo de radiación. La unidad de medida en el SI es el Sievert (Sv) aunque, como esta es una unidad relativamente grande, es más habitual utilizar el milisievert (mSv) o el microsievert (μ Sv).

La radiación ionizante contiene la suficiente energía para excitar átomos de modo que estén cargados, a comparación de la radiación no ionizante, como pueden ser, la luz visible u ondas de radio no contienen la suficiente energía para realizarlo. Actualmente, los profesionales están abordando este tema a menudo, ya que vivimos rodeadas de radiación, sin embargo, las personas no se imaginan que la mayor exposición de esta radiación proviene de fuentes naturales, e incluso de fuentes artificiales como se emplea en la medicina, con su exposición a sus aparatos.

Es necesario mencionar algunos conceptos básicos, en cuanto a la ciencia, así como lo es la radiación que existe desde tiempo atrás causada por fuentes naturales.

Wilhelm Roentgen, fue una pieza fundamental en el descubrimiento de los rayos x. Luego de ese descubrimiento, se abrió la puerta para seguir estudiando el cuerpo humano de diferentes formas. Tiempo más tarde el francés Henri Becquerel, fue quien se encargó de descubrir la radioactividad, siendo descubierta de forma imprevista al dejar fragmentos que contenían uranio radioactividad natural y artificial. La radioactividad, en términos más científicos o físicos es conocida como la desintegración o reestructuración de núcleos atómicos variables.

3.3.2.1 RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La radiación electromagnética en sí misma es un tipo de onda, compuesta de campo magnético y campo eléctrico. Estos se propagan en el espacio en forma de ondas de portadoras de energía. Cabe señalar que estas ondas no necesitan un medio de transmisión, solo necesitan un espacio de propagación. Hoy en día existen muchas tecnologías o dispositivos que utilizan este tipo de onda para comunicarse entre ellos.

3.3.2.1.1 *Rayos gamma*

Este tipo de radiación se conoce debido a su alta energía, ya que está situada donde se encuentra la más alta fuente de energía en el espectro electromagnético, llegando hasta una frecuencia de 10^{20} (Hz). Los rayos gamma (γ) son el tipo de radiación más alto y peligroso para los seres humanos, ya que estas dañan las moléculas de las células con sus ondas de alta energía. El efecto de esta radiación conlleva a mutaciones en los genes o simplemente provocan la muerte, ya que tienen suficiente energía para matar células vivas en el cuerpo. Estos rayos son radiaciones electromagnéticas y están relacionados a los rayos cósmicos. Los rayos cósmicos, provienen de los alcances del universo y estos hacen contacto con la atmósfera de la tierra. Se suelen producir por objetos violentos que forman parte del universo, viajando por un vasto espacio y únicamente siendo absorbidos por la atmósfera terrestre. Los científicos determinaron que es difícil descubrirlos, analizarlos y estudiarlos desde el universo, siendo su única opción el transporte de sensores por encima de la atmósfera. Los rayos gamma son útiles en el rubro de los astrónomos y físicos, ya que con ellos se obtienen los conocimientos de objetos con alta energía. Se producen por desintegración radiactiva natural, explosiones nucleares e incluso tormentas y rayos. Estos se conocen por su forma de originarse en núcleos estimulados, emitiendo partículas alfa o beta, manteniendo el núcleo con una alta energía. Al momento que el núcleo está estimulado o excitado, este emite su radiación, manteniendo una masa no variante.

La longitud de su onda se caracteriza por su posición cercana al núcleo. Esto hace que a los profesionales se les dificulte el rastreo de los rayos gamma. Sus equipos de rastreo o detectores se basan en bloques de vidrio y al momento que los rayos se cruzan con los electrones dentro de los bloques de vidrio, el detector no descubre a primera instancia los rayos sino que detecta las partículas cargadas debido a la colisión entre ellas.

Los rayos gamma son emitidos por estrellas supernovas agujeros negros y pulsares, Inundando el cielo con luces de rayos gamma.

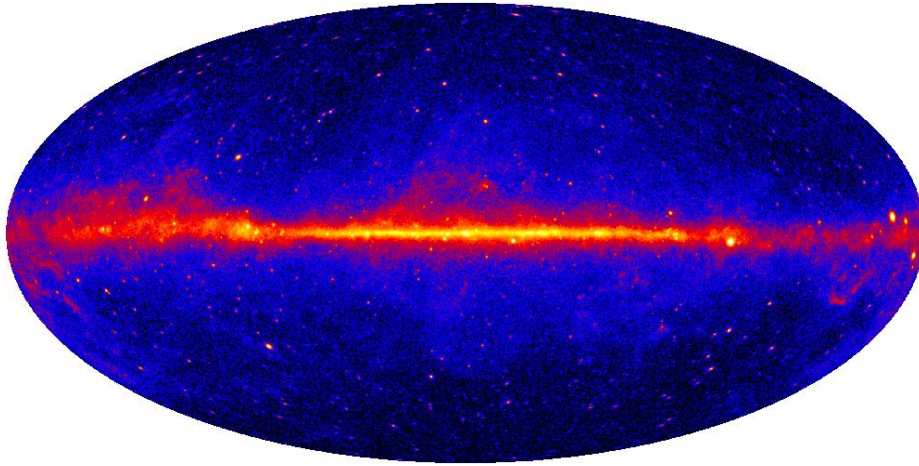


Ilustración 16- Fuentes de energía detectadas en la vía láctea observada desde un telescopio fermi

Fuente: (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2012)

3.3.2.1.2 Rayos X

Los rayos x se generan por colisiones con materia electrónica en aceleración. Este tipo de radiación electromagnética solo puede ser visible para el ojo humano mediante equipos especiales, ya que es lo suficientemente capaz de atravesar cuerpos u objetos debido a su alta penetración con una longitud de onda empezando desde los 10 nanómetros hasta los 0.02 nanómetros. Los rayos x son de onda corta, viajando en línea recta. Además, constituyen radiación ionizante, ya que logran la ionización cuando interactúan con una materia. Los rayos x que van antes de los rayos gamma en el espectro electromagnético manejando una frecuencia en el rango de 10^{16} y 10^{25} (Hz). Este tipo de radiación nos ayuda a conocer la temperatura de un material, ya que la temperatura determina la longitud de su radiación, es decir, entre más caliente el objeto más corta su longitud. A diferencia de la gamma que tienen un origen nuclear, los rayos x se producen por radiación extra nuclear. No se utilizan para comunicaciones por radio, ya que tienen altas energías por lo tanto altas frecuencia. Todos los rayos x disponen de un componente llamado cátodo y ánodo.

Elementos básicos en rayos x:

1. El tubo de rayos x: en este tubo parte la generación de los rayos x. Este tubo está compuesto por un alambre de metal conocido como el cátodo.
2. El cátodo de un tubo: es una bobina de tamaño pequeña, metálica.
3. El ánodo de un tubo: tubo hecho de una pieza de cobre.

Conociendo el cátodo como el polo (-) y el ánodo con el polo (+), el traspaso de recorrido de un lado al otro dentro del tubo antes se le conocía como radiación de partículas, por lo cual hoy en día se conoce como electrones. En el trayecto en el cual los electrones colisionaban entre sí, el tubo emitía una luminosidad.

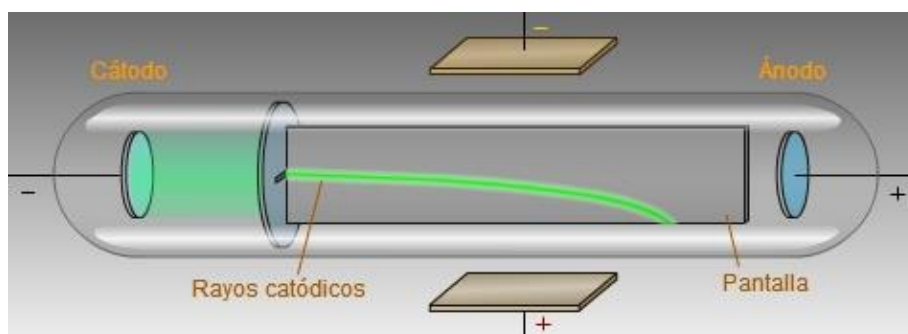


Ilustración 17- Tubo de rayos catódicos

Fuente: (StudeerSnel B.V., 2016)

Roentgen quería investigar que ocurría afuera del tubo, y fue así como lo cubrió con un cartón negro para no permitir el paso de los rayos, descubriendo que tenían gran penetración. Luego existieron varias pruebas con diferentes tipos de materiales a los cuales podía atravesar la radiación. Conociendo esto, tuvo la idea de colocar su mano en vez de otros materiales y logro observar sus mismos huesos, descubriendo, lo que hoy se conoce como rayos x.

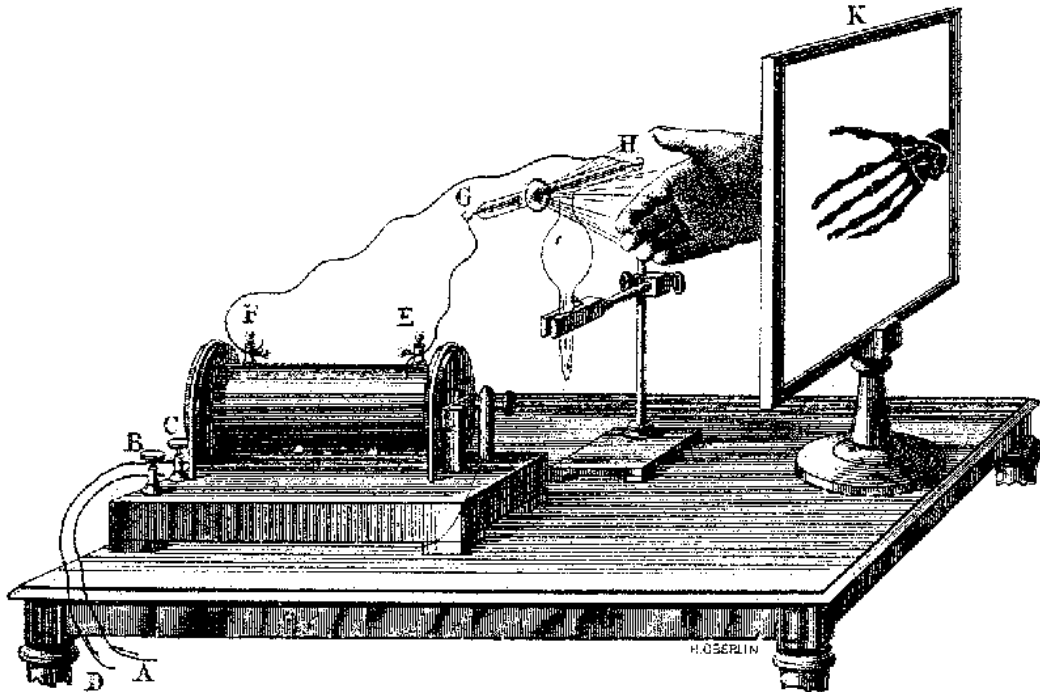


Ilustración 18- El primero uso de un rayo x

Fuente: (IDIS, 2020)

Este tipo de radiación se separa en dos partes, los rayos x duros y rayos x blandos. La mayor fuente de esta radiación es utilizada en el área de la medicina, pero existen otros rubros en los que se utilizan como, los estudios de astrónomos o el escaneo en los aeropuertos.

Los rayos x se dividen en 2 partes:

- Blandos

Los rayos x próximos al lado de la luz ultravioleta, rayos de menor energía y longitud de onda

- Duros

Los rayos x próximos a la radiación gamma, rayos de mayor energía y longitud de onda

3.3.2.2 RADIACIÓN CORPUSCULAR

Dentro de las radiaciones ionizantes se encuentran otro tipo de partículas con energía y velocidades mucho más altas, denominándoles ondas corpusculares. Por otra parte, estas ondas llenas de partículas de energía van relacionadas a la masa. Estas radiaciones comúnmente son conocidas como radiaciones alfa, beta y neutrones. Los usos de estas partículas son dados en varios rubros, ya sea en la física o en el área de medicina.

3.3.2.2.1 RADIACIÓN ALFA

Es una radiación constituida por dos protones y dos neutrones estrechamente unidos, por lo que es idéntica a un núcleo de helio, su radiactividad tipo alfa ocurre cuando elementos muy pesados, como el uranio, el torio y el radio pierden la mayoría de su energía cinética y se convierten en átomos de helio. (Hoyos Serrano & Flores Patty, /)

3.3.2.2.2 RADIACIÓN BETA

Es una radiación que está constituida por electrones del núcleo proveniente de la descomposición de un neutrón de sustancias radiactivas y que viaja a velocidades próximas a la luz. Este tipo de radiación tiene lugar en isótopos ricos en neutrones y suelen ser elementos producidos en reacciones nucleares naturales, y en las plantas de energía nuclear. (Hoyos Serrano & Flores Patty, /)

3.3.2.2.3 NEUTRONES

“Son partículas procedentes del espacio exterior, producto de las colisiones entre átomos en la propia atmósfera o más frecuentemente de desintegraciones radioactivas espontáneas o artificiales dentro de reactores nucleares”(Hoyos Serrano & Flores Patty, /).

3.3.2.2.4 RAYOS CÓSMICOS

La radiación cósmica consiste en partículas altamente energéticas de origen extraterrestre que bombardean la superficie de la Tierra, tales como protones y partículas secundarias como fotones, neutrones y muones que pueden generarse por las interacciones de las partículas primarias con gases de la atmósfera, constituyen junto a las partículas del suelo y del agua la radiación de fondo. (Hoyos Serrano & Flores Patty, /)

3.3.2.3 PENETRACIÓN DE RADIACIÓN

La radiación puede tomar la forma de partículas con diferentes energías (alfa, beta y neutrones) u ondas electromagnéticas (rayos x y gamma). Todas estas energías tienen partículas diferentes en cuanto a profundidad o penetración, por consiguiente, tiene un efecto diferente en una materia. Las partículas alfa tienen una mayor carga entre los tipos de radiación, pero esta carga involucra a que se relacionen con los átomos y es así como se contrarresta la energía y se reduce su penetración. Las partículas beta menos carga negativa de electrones y esto hace que

sean más penetradoras. Los rayos x y rayos gamma son los más penetrantes y atraviesan materiales más densos.

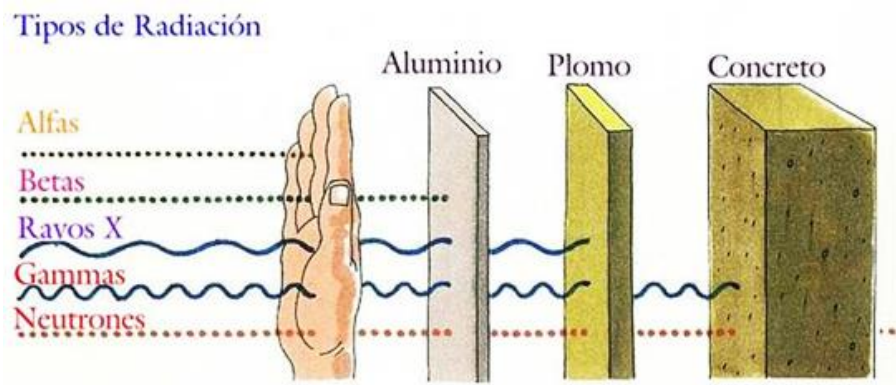


Ilustración 19- Poder de penetración de las radiaciones ionizantes

Fuente: (CCHEN, 2020)

3.3.3 RADIACIÓN NO IONIZANTE

Se llama radiación no ionizante a las radiaciones que no tienen la energía lo suficiente para poder ionizar. Estas radiaciones abarcan desde la radiación UV hasta las de radio. Este tipo de radiación es continua, ya que existen de forma natural y artificial. Estas se pueden viajar desde una torre eléctrica hasta un aparato electrodoméstico.

3.3.3.1 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La radiación denominada como luz ultravioleta tiene un intervalo de cobertura de 4 a 400nm. Se llama ultravioleta debido a que esta se encuentra al otro lado del violeta. Este tipo de radiación se diferencia por sus longitudes de onda que van desde los 390 a los 10 nanómetros. El sol es una fuente importante de radiación a esta frecuencia y la exposición prolongada puede causar cáncer de piel. El sol emite rayos UV, si no fuese por el hecho de que la mayor parte es absorbida por la capa de ozono de la atmosfera (región UVC) antes de llegar al suelo, podría transformar la tierra en un planeta terrestre carecido. El ojo humano no es capaz de ver esta radiación, existen estudios e investigaciones donde se comprueba que algunos animales si son capaces observarla y lo usan para su supervivencia.

Dentro de las radiaciones ultravioleta existen:

UVA onda larga más cerca luz visible, esta onda se comprende desde los 315 a los 380 nanómetros, la atmosfera apenas las retiene. Estas mismas se subdividen en UVA-I (380-340) UVA-II (340-315)

UVB onda más corta radiación dañina que causa quemadura van desde las 315-280 nanómetros

UVC son más cortas y aún más dañinas se comprenden desde las 280-200 nanómetros

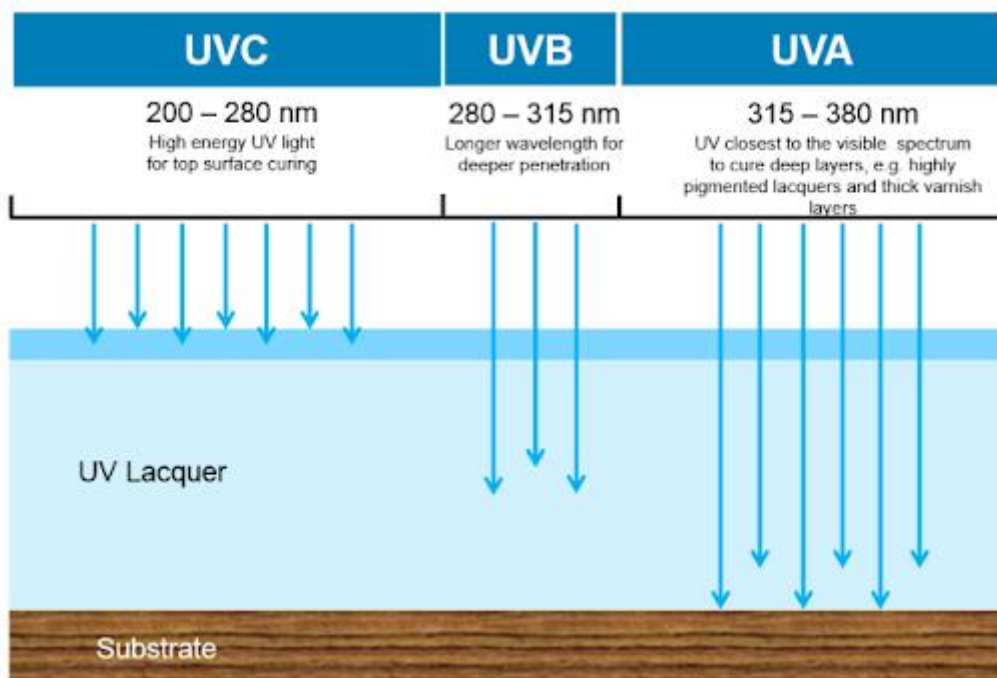


Ilustración 20- Radiaciones dentro de las Ultravioleta

Fuente: (Shenzhen Suntech Company Limited, 2019)

Estas ondas no son usadas en el campo de las telecomunicaciones debido al alto daño que pueden causar y es más comúnmente usada en el campo médico u otros. Su longitud de onda es más pequeña (menor) a las visibles. Este tipo de onda es más largo a las de las radiaciones ionizantes, sin embargo, tienen la energía suficiente para ionizar, ya que separa los electrones y estos puedan causar en algún momento reacciones químicas. El rango encontrado en medio de estas no puede ser ionizada, sin embargo, esto no significa que no puedan irrumpir enlaces químicos; estas se conocen como las quemaduras del sol, es así como dañan el tejido de la piel y así a futuro considerable como cáncer de piel. Este tipo de radiación dispone de varios usos

en los humanos, así como lo es las lámparas fluorescentes o hasta limpiar un equipo con esterilización.

La radiación ultravioleta dispone de propiedades como:

- Efecto fotoquímico

“Los mecanismos fotoquímicos que alteran el ADN de las células cutáneas durante la exposición solar aumentan el riesgo de cáncer de piel” (*El ADN bajo el efecto del sol*, 2012).

- Efecto fotoeléctrico

Cuando la luz brilla en un metal, los electrones pueden ser expulsados de la superficie del metal en un fenómeno conocido como el efecto fotoeléctrico. También, a este proceso suele llamársele fotoemisión, y a los electrones que son expulsados del metal, fotoelectrones. En términos de su comportamiento y sus propiedades, los fotoelectrones no son diferentes de otros electrones. El prefijo foto simplemente nos indica que los electrones han sido expulsados de la superficie de un metal por la luz incidente. (*Efecto fotoeléctrico (artículo) | Fotones, s/f*)

- Fluorescencia

“La fluorescencia en el espectro visible puede tener distintos colores, dependiendo de la sustancia que está siendo excitada; estas diferencias de color e intensidad han sido exitosamente usadas en análisis no destructivos de minerales y pigmentos” (Ipinza & Poblete, 2011).

3.3.3.2 LUZ VISIBLE

La luz visible se encuentra dentro del espectro electromagnético seguido de los U.V. El ser humano si es capaz de ver esta región del espectro electromagnético, tal como se descubrió en el capítulo de antecedentes. La luz que emite el sol es detectada por los ojos de color blanco, pero en realidad es la combinación de luz del color del arcoíris. Estas longitudes de onda se muestran en diferentes tipos de colores, dado que cada banda dispone de un color diferente. Se comienza desde los 380 provenientes del color violeta a 750 nanómetros del rojo, como se observa en la siguiente ilustración.

<u>Color</u>	<u>Longitud de onda</u>
<u>violeta</u>	380–450 nm
<u>azul</u>	450–495 nm
<u>verde</u>	495–570 nm
<u>amarillo</u>	570–590 nm
<u>naranja</u>	590–620 nm
<u>rojo</u>	620–750 nm

Ilustración 21- Clasificación de la Luz Visible

Fuente: (Carreño, n.d.)

El espectro se localiza entre los infrarrojos y los U.V. Este tipo de radiación es conocida como radiación no ionizante, ya que no afecta las moléculas en su estructura. Como es de conocer estos rangos o límites no son exactos, pero dichos rangos se mantienen igual. Los seres humanos disponen de varias percepciones visuales de longitudes de onda. Algunos colores que se conocen no se encuentran en la tabla mostrada anteriormente pero su color se constituye mediante la mezcla de las ondas. Esta radiación electromagnética está compuesta por fotones, con características de onda, que pueden ser vistas mediante un arcoíris refractándose o simplemente en el color azul del cielo. Lo que se conoce como luz visible se debe a la radiación del sol. Este tipo de luz visible de igual manera puede ser generada por el humano y o de forma artificial, así como lo es un led. Este tipo de luz es comúnmente usado en la fibra óptica transportándose a altas velocidades.

3.3.3.3 RADIACIÓN INFRARROJO

Es un tipo de radiación electromagnética con longitud de onda superior al UV, localizándose con una frecuencia de 3×10^{11} a 4×10^{14} en un rango aproximado. La radiación infrarroja es conocida como radiación térmica, ya que se relaciona con el calor. Consiste 760nm a 1,000,000 de mm.

Se le denomina como (IR) y se divide en 3 partes:

- Cercano

- medio
- lejano.

TABLA 16-1. Regiones del espectro infrarrojo

Región	Intervalo de longitud de onda (λ), μm	Intervalo de número de onda ($\bar{\nu}$), cm^{-1}	Intervalo de frecuencias (ν), Hz
Cercano	0,78 a 2,5	12.800 a 4.000	$3,8 \times 10^{14}$ a $1,2 \times 10^{14}$
Medio	2,5 a 50	4.000 a 200	$1,2 \times 10^{14}$ a $6,0 \times 10^{12}$
Lejano	50 a 1.000	200 a 10	$6,0 \times 10^{12}$ a $3,0 \times 10^{11}$
La más utilizada	2,5 a 15	4.000 a 670	$1,2 \times 10^{14}$ a $2,0 \times 10^{13}$

Ilustración 22- Categorización de los infrarrojos

Fuente: (FDOCUMENTS, 2015)

3.3.3.4 ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO DENTRO DEL ESPECTRO NO IONIZANTE

El espectro radioeléctrico implica la parte ocupada dentro del espectro electromagnético, utilizada comúnmente para el rubro de las telecomunicaciones o cuestiones de seguridad, entre otros rubros. Se les conoce más por los servicios que se utilizan a menudo, incluyendo ondas electromagnéticas provenientes de fuentes naturales o artificiales.

Esta zona esta dividía por bandas, ya que su uso vario en diferentes servicios. El espectro radioeléctrico se encuentre entre 1KHz y 300 GHz aproximadamente y está dividido en ciertas bandas que se distinguen por su longitud de onda.

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12		300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas

Ilustración 23- Bandas de Radio Frecuencia establecidas por la ITU

Fuente: (Ronca

Estas bandas son dadas por la ITU (International Telecommunication Union), Cada una de estas frecuencias tienen diferente cobertura y se comportan de manera distinta en cuanto a las interferencias, esto hace que algunos servicios sean más exigentes que otros. Debido a esto, existen márgenes para esta banda de forma que al establecer un marco regulatorio no exista un conflicto entre ellas.

La ITU determinó las bandas de radio frecuencia y fueron divididas en 9 de ellas:

1. ULF (ultra baja frecuencia) 300-3000Hz penetra superficie terrestre, audibles para el oído humano.
2. VLF 3-30kHz (frecuencia muy baja) propaga por onda de superficie por onda de superficie por baja atenuación (enlaces gran distancia) (velocidades bajas no se podrá transmitir audio).
3. LF (frecuencia baja) 30-300 kHz propagación similar a la anterior poca atenuación, larga distancia, penetración en el agua.
4. MF (frecuencia media) 300-3000kHz propagación por onda de superficie disponen grandes distancias.
5. HF (frecuencia alta) 3-30MHz propagación de ondas de la ionósfera, el alcance de señal depende de varios factores (hora o estación del año).
6. VHF (frecuencia muy alta) 30-300MHz propagación para comunicación terrestre, corta distancia, la ionosfera no la refleja (radiodifusión sonora).
7. UHF (ultra alta frecuencia) 300-3000MHz internet o telefonía celular, el tamaño de longitud de onda permite usar antenas adecuadas para dispositivos portátiles, banda ideal para servicios móviles.
8. SHF (super alta frecuencia) 3-30GHz empleada en radares o wifi 802.11, enlaces satelitales.
9. EHF (frecuencia extremadamente alta) 30-300GHz afectada por la atenuación atmosférica y el clima es por eso por lo que se usa en meteorología o radio de comunicaciones corto alcance.

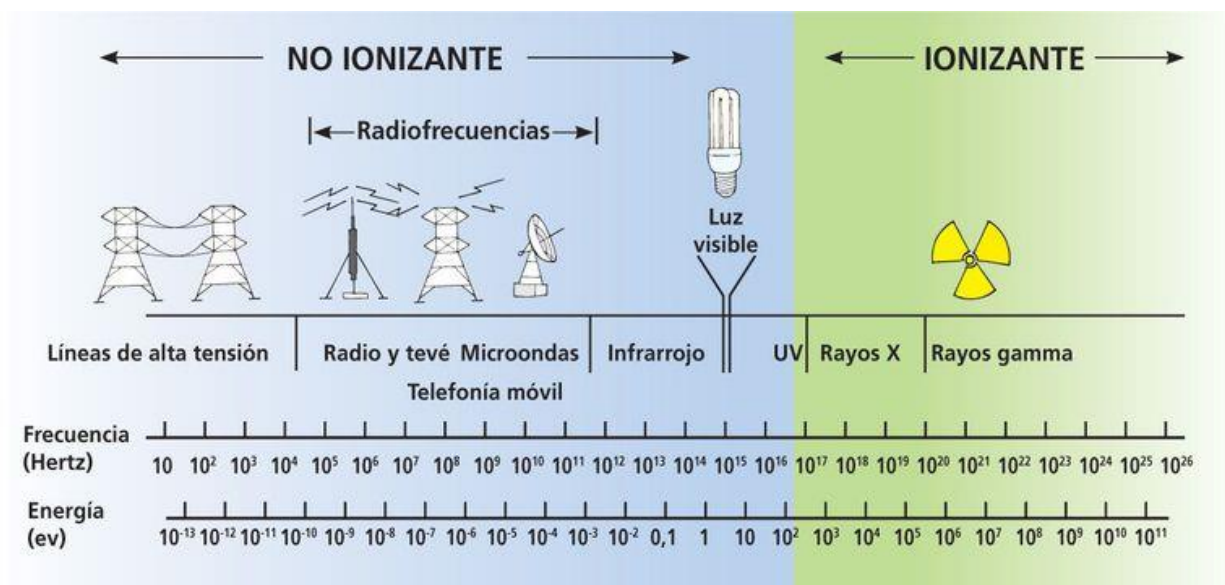


Ilustración 24- Espectro electromagnético con sus respectivas bandas

Fuente: (EDITORIAL AZETA S.A., 2015)

3.3.3.4.1 Microondas

Estas ondas electromagnéticas se conocen, ya que se encuentran ubicadas en medio de las ondas infrarrojas y las de radio. Se les conoce por su onda de radio con alta frecuencia, encontrándose entre los 300 MHz y 30 GHz con una longitud de onda con un rango de 30 cm a 1mm. Las microondas también se encuentran incluidas en las UHF, SHF y las EHF. Este tipo de ondas denominadas microondas tienen un papel fundamental en la radio, internet y más. Además de estas también están las que se encuentran en nuestros equipos domésticos como puede ser el horno, siendo capaces de estimular las moléculas del agua logrando calentar el producto alimenticio.

Las microondas se originan por electrones en tubos, así como los magnetrones. La diferencia con las demás radiaciones es que penetran materiales y entregan su energía por debajo de la superficie. Estas se encuentran entre 1 y 300 GHz y a la vez se clasifican en diferentes frecuencias, sin embargo, estas son mayor o comúnmente usadas en un rango de 1 a 40GHz. Dichas frecuencias mencionadas abarcan cierta parte en el rango de las UHF (frecuencia ultra alta), SHF (frecuencia súper alta) y EHF (frecuencia extremadamente alta).

Bandas de frecuencia

Microondas EE.UU.

Banda	Rango de frecuencia	Origen del nombre,
Banda I	hasta 0,2 GHz	
Banda G	0,2 a 0,25 GHz	
Banda P	0,25 a 0,5 GHz	Previous, dado que los primeros radares del Reino Unido utilizaron esta banda, pero luego pasaron a frecuencias más altas
Banda L	0,5 a 1,5 GHz	Long wave (Onda larga)
Banda S	2 a 4 GHz	Short wave (Onda corta)
Banda C	4 a 8 GHz	Compromiso entre S y X
Banda X	8 a 12 GHz	Usada en la II Guerra Mundial por los sistemas de control de fuego, X de cruz (como la cruz de la retícula de puntería)
Banda K _u	12 a 18 GHz	Kurz-unten (bajo la corta)
Banda K	18 a 26 GHz	Alemán Kurz (corta)
Banda K _a	26 a 40 GHz	Kurz-above (sobre la corta)
Banda V	40 a 75 GHz	Very high frequency (Muy alta frecuencia)
Banda W	75 a 111 GHz	W sigue a V en el alfabeto

Microondas UE, OTAN

Banda	Rango de frecuencia
Banda A	hasta 0,25 GHz
Banda B	0,25 a 0,5 GHz
Banda C	0,5 a 1 GHz
Banda D	1 a 2 GHz
Banda E	2 a 3 GHz
Banda F	3 a 4 GHz
Banda G	4 a 6 GHz
Banda H	6 a 8 GHz
Banda I	8 a 10 GHz
Banda J	10 a 20 GHz
Banda K	20 a 40 GHz
Banda L	40 a 60 GHz
Banda M	60 a 100 GHz

Ilustración 25- Bandas de frecuencia en Estados Unidos y su manejo por parte de la Unión Europea

Fuente: (Gomez, 2012)

3.3.3.4.2 Ondas de Radio

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas con frecuencia menores a los 3000 GHz. Las ondas de radio corresponden a la radiación de menos energía del espectro. Este tipo de onda puede ser producida por fuentes naturales, como puede ser, un trueno, relámpago, o simplemente creadas artificialmente, como lo son las comunicaciones. La Tasa de absorción específica (SAR) se utiliza para saber la exposición de las radiofrecuencias; medida para conocer la energía absorbida por el cuerpo humano.

Las ondas de radio son generadas por equipos de transmisores de radio con el fin de poder ser transmitidas y a la vez son recibidas por equipos receptores que son reflejados por la ionosfera y así viajan alrededor del mundo, reflejadas por la tierra, pero absorbidas por el mar. Sus longitudes de onda pueden ser desde pocos milímetros hasta unos cuantos kilómetros.

Las ondas de radio se inician cuando el electrón se excita a una determinada frecuencia dentro de la radiofrecuencia, surgiendo la misma. En otros casos cuando las ondas de radio actúan en un material eléctrico conductor, como puede ser la antena, estas hacen que la carga se mueva y así puedan convertirse en señales de audio. La función del trasmisor es generar una onda portadora que puede ser modificada según su señal, para luego ser capturada por el receptor, con el fin de demodularse y así poder pasar la señal transmitida al oyente.

CAPITULO IV. METODOLOGÍA

La metodología implica todos los procedimientos y métodos de aplicación al momento de realizar un estudio con el fin de obtener procesos claros y objetivos para poder ser analizados de tal forma que se pueda elaborar y sustentar una investigación justificable. Mediante la metodología se logra validar todos los resultados que se obtienen del análisis de la creación del estudio. La metodología aplicada en el presente se basa en un estado del arte teniendo como objetivo el estudio, análisis de información y conocimientos previos en un aspecto específico, sometiendo todo el material investigado a un análisis exhaustivo logrando profundizar y entender más el tema principal.

4.1 ENFOQUE

La investigación se aplica bajo un enfoque cualitativo. Se emplea dicho enfoque ya que el método cualitativo cubre técnicas interpretativas que sintetizan, describen y analizan los significados o hechos que mantienen un conocimiento científico, construido previamente.

(Bonilla-Castro & Sehk, (2005) mencionan que la principal característica de la investigación cualitativa es su interés por captar la realidad social 'a través de los ojos' de la gente que está siendo estudiada, es decir. a partir de la percepción que tiene el sujeto de su propio contexto.

El objetivo que se tiene al momento de utilizar un enfoque cualitativo es investigar específicamente fenómenos ya existentes con la finalidad de otorgar respuestas más claras a dicho problema que enfrenta la investigación. Los investigadores que implementan el enfoque cualitativo tienen como fuente principal la teoría y todo el texto recopilado con el fin de utilizar estos conocimientos previos como instrumento para el análisis de dicha investigación.

4.2 VARIABLE DE INVESTIGACIÓN

La sección de variable de investigación se muestra en la ilustración 25. Estas variables de son de mucha importancia ya que son objetos de investigación y son determinados mediante la formulación de la pregunta. En este estudio se definen las variables, parafraseando los puntos esenciales, tales como las preguntas que soportan la investigación, las metas generales, metas específicas, preguntas de investigación y luego la conclusión con las variables, considerando

una de ellas una variable relacionada, mientras que las otras tres como variables independientes, influenciando directamente el comportamiento de la variable dependiente

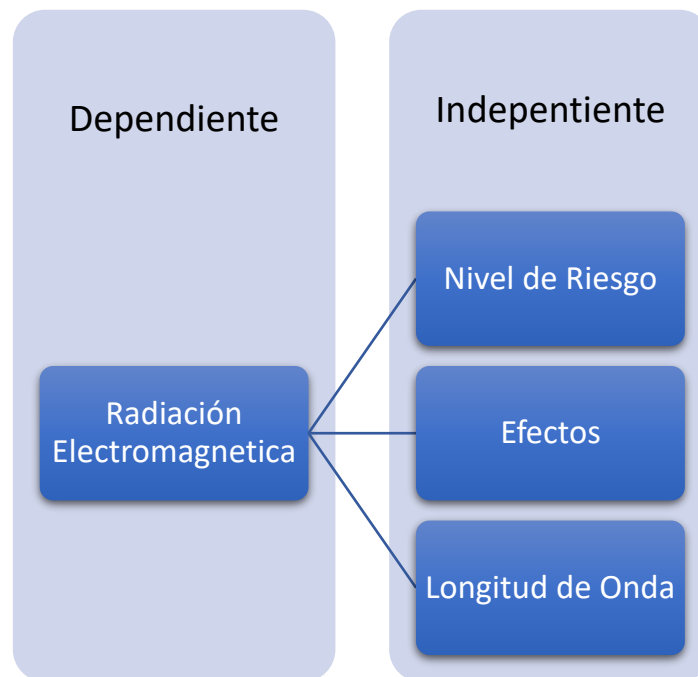


Ilustración 26- Diagrama de las Variables de Investigación

Fuente: Elaboración Propia

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para este proyecto, la información se recopiló de fuentes confiables como libros, análisis, tesis, artículos, estudios, sitios web de distintas organizaciones, revistas científicas y diversas. Además de ello se implementó una serie de pequeñas entrevistas a un grupo perteneciente al entorno de las telecomunicaciones por medio de mi compañía MOVILNET S.A.

4.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En el siguiente apartado se mostrará el desarrollo de la investigación siendo descrito en tres etapas:

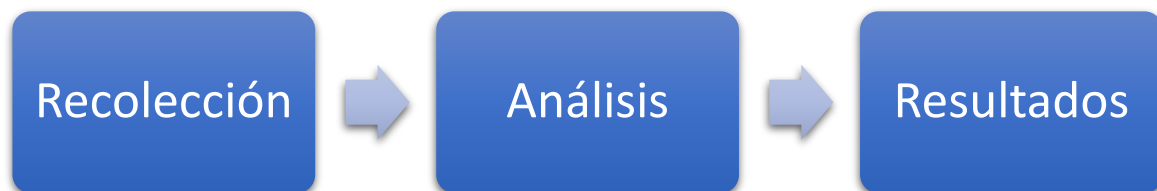


Ilustración 27- Proceso desarrolló de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 26, se muestra el método utilizado para la investigación y el desarrollo, este consta de tres etapas consecutivas.

4.4.1 ETAPA I: RECOLECCIÓN

En la primera etapa, la compilación consiste en extraer información de varias fuentes confiables para luego recopilar información sobre cómo se divide el espectro para poder conocer los diferentes tipos de radiación que se encuentran en el espectro electromagnético. Además, se obtuvo información del efecto que pueden llegar a causar los diferentes tipos de radiación dependiendo de sus longitudes de onda, conociendo que tanto nivel de radiación poseen los diferentes tipos de equipos usados por ellas mismas. Igualmente, se recopiló información sobre el efecto que puede llegar a tener en el cuerpo humano.

4.4.2 ETAPA II: ANÁLISIS

En la siguiente etapa, el análisis se realiza en base a datos obtenidos en la compilación del proceso. Actualmente se conoce todo el espectro electromagnético, analizando cada tipo de radiación poseyendo una diferente longitud de onda lo que implica un mayor o menor tipo de radiación, permitiendo determinar sus características y efectos en la salud humana.

4.4.3 ETAPA III: RESULTADOS

Para finalizar en el siguiente apartado, en la etapa final, resultados, se muestran todos los datos analizados en consecuencia, mostrando las diferentes características de cada tipo de radiación, así como el análisis de cada una de ellas y el efecto que pueden llegar a tener en la salud humana. Adicionalmente un análisis sobre qué tipo de radiación es la más perjudicante y dañina.

4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta un periodo académico de 10 semanas, se estableció un cronograma para la implementación efectiva de actividades en secuencia a las acciones realizadas tales como la duración del evento, fechas iniciales y finales del evento, todos estos para la finalización correcta del proyecto.

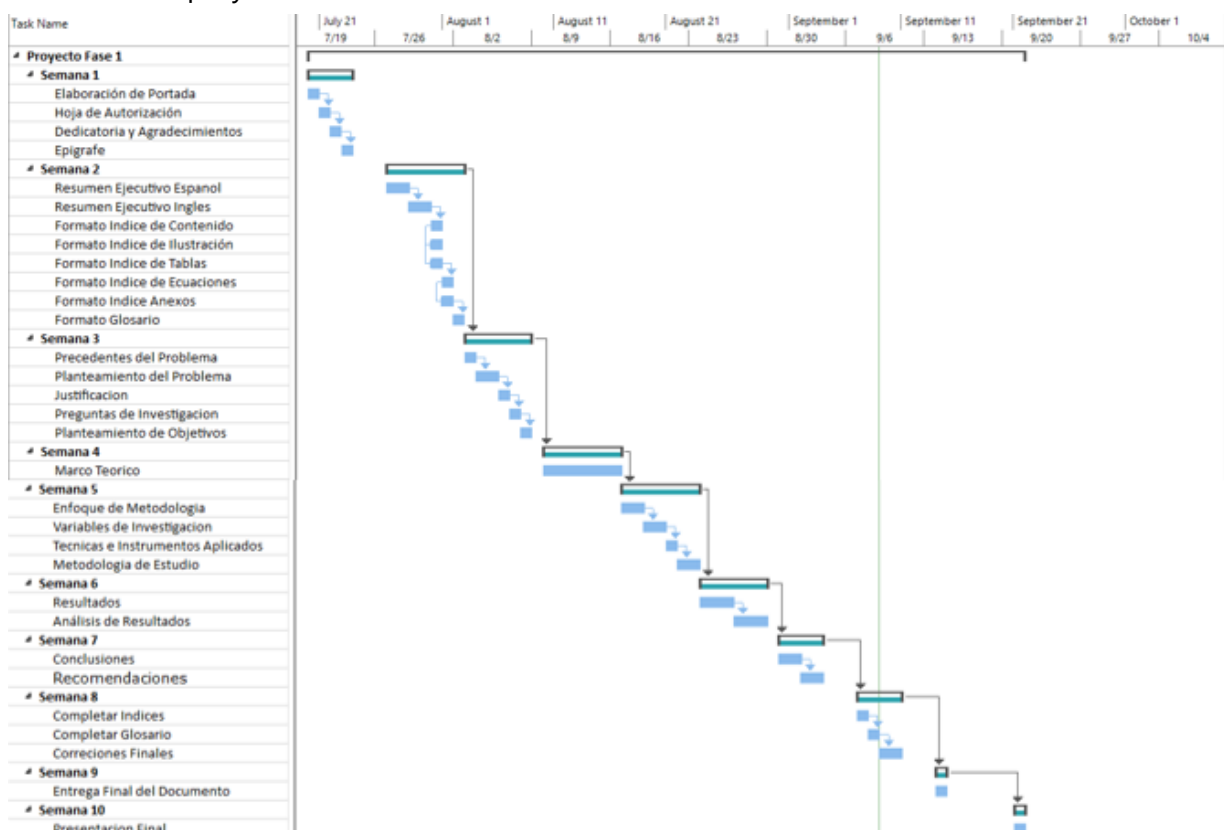


Ilustración 28- Cronograma de Actividades

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo de resultados y análisis se presentará y describirá la implementación ejecutada, beneficiándose del proceso de investigación llevada a cabo por la siguiente metodología establecida a seguir. Se recopilaron diversos datos sustentados por estudios previos basados en los diversos efectos que provoca la radiación del espectro electromagnético en el cuerpo humano. Los datos importantes fueron recolectados y se presentan a continuación.

(Constitución, s/f) La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma: "delimita que la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades".

Por ende, los efectos causados por la exposición a la radiación son considerados una amenaza para el mismo.

5.1 LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, SUS RIESGOS Y EFECTOS EN EL CUERPO HUMANO

Se recopilaron distintos estudios que se indican mediante la clasificación de las ondas, los riesgos y efectos de las radiaciones electromagnéticas de tal manera que mediante datos puntuales y previamente investigados se logra sintetizar los efectos y riesgos que estas provocan en la salud humana.

5.1.1 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON MENOR LONGITUD

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por varios elementos, entre ellos su nivel de energía, determinada según su longitud de onda, estableciendo las ondas con menor longitud, como las más graves o dañinas, logrando su descomposición molecular.

- Según (Verdú Rotellar et al., 2002) más de los 50% de pacientes con cáncer necesitan un tratamiento con radioterapia para un control tumoral. Sin embargo, la radioterapia y sus efectos secundarios son pocos conocidos entre las personas. La radioterapia incluye el uso de radiación ionizante para tratar diversas enfermedades. Con el fin de ayudar al médico de familia a resolver las preguntas que sus pacientes pueden plantearles sobre

los tratamientos con radiaciones, así como dar a conocer los principales efectos secundarios y su manejo en la consulta. A tal efecto, se realizó una búsqueda bibliográfica en Medline utilizando las palabras clave: side effects y radiotherapy. Igualmente, se implementó una vez búsqueda en la web de las revistas: Internacional Journal of Radiation Oncology Biology Physics y Radiotherapy and Oncology.



Ilustración 29- Dermatitis aguda

Fuente: (Rotellar, 2002)

Ilustración 28 se muestra un paciente con dermatitis aguda en su cuarta semana de tratamiento. La dermatitis se puede eliminar o evolucionar con un dolor y ardor más fuerte. El tratamiento de estas se puede controlar con analgésicos o inflamatorios.

- Según (A&E Television Networks, 1945) La radiación se considera peligrosa, pero el efecto letal de estas bombas sorprendió a muchas personas. El daño en el tejido humano se mide en grey. Una dosis normal es de 5 unidad grey al año, pero las víctimas encontradas a 1 km recibieron 400 y la mayoría era rayos gamma. Suficiente para matar a 60% de ellos en 30 días. La cifra inicial de muerte fue alrededor de 66 mil personas y las muertes por radiación ascendieron a 200 mil.



Ilustración 30- Bombardeo atómico en Japon

Fuente: (History Channel, 2020)

En la ilustración 29 se muestra el bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki el cual fue ordenado por el presidente de los Estados Unidos en el año de 1945, llegando al fin del imperio Japonés y el final de la segunda guerra mundial.

5.1.1.1 Discusión

Este tipo de radiación con una onda de longitud menor se cataloga como una radiación ionizante lo cual se encuentra en diversas aplicaciones, una de las más destacadas y usadas se encuentran en el ámbito médico, ya que estas son incluidas en el uso de tratamientos con radioterapia para la posible cura a una enfermedad. La radiación no solo tiene efectos positivos en el área del cuerpo a tratar, sino también, minimizan el crecimiento de las células cancerígenas, de igual manera, afectando células sanas en el organismo humano. Estos efectos pueden llegar a ser leves como graves, todo dependiendo del nivel de radiación emitida ligado al tamaño del tumor a tratar. Las células tumorales crecen y se dividen más rápido que las células sanas. Una célula dura de 7 a 10 años en un adulto y el cuerpo las regenera dependiendo de su edad y como se encuentre de salud. Concluyendo que los efectos secundarios (efectos cutáneos, efectos orales, efectos digestivos, y otros efectos secundarios) de la radioterapia aparecen en la región irradiada y dependen de la dosis, el conocimiento de los efectos secundarios más frecuentes evitará atribuir a la radioterapia cualquier síntoma que aparezca durante el tratamiento. Por otro lado, dado que los rayos gamma no llegan a la tierra, ya que son absorbidos por la atmósfera, se pueden encontrar en ciertas aplicaciones, trabajos con radiación o desastres radioactivos (Las Bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki). Los

rayos gamma son conocidos por tener la energía más elevada en el punto más alto del espectro electromagnético. Sin embargo, debido a la atmosfera gruesa, los rayos gamma del espacio no llegan a la superficie de la tierra, porque su material es suficiente para evitar que los rayos gamma penetren, por lo que pueden proteger. Si los rayos gamma llegan a la tierra, la atmosfera reducirá el impacto. Este tipo de radiación puede atravesar el cuerpo humano, materiales, vidrio, papel, plástico o metales delgados y solo las láminas gruesas de plomo pueden detenerlos. Esta radiación es aún más peligrosa y puede tener consecuencias fatales, ya que tiene la capacidad de provocar cambios moleculares y los genes destructivos producen células cancerosas o mueren de inmediato.

5.1.2 RADIACIONES ÓPTICAS

- Holick, (2016) implemento un estudio donde expuso una mano a la luz solar y al mismo tiempo midió la temperatura del aire durante un periodo de tiempo que provoco el eritema, las ampollas y el dolor. La temperatura fue registrada en 90 Fahrenheit, igualmente se estableció un experimento en el que se expuso a la luz solar una mano con un paño colocado sobre ella y se registró que no hubo ningún eritema, ampollas o dolor a pesar de que la temperatura encontrada alrededor de los 102 Fahrenheit. Por otro lado, se expuso al sol otra mano sin ninguna protección y se observó cómo había un cambio en la pigmentación de la piel. Se concluyo que la luz solar que penetra en la piel tiene un efecto biológico y que la pigmentación de esta puede evitar las quemaduras por sol, indicando que hay ciertas pigmentaciones con defensas más altas.
- Sklar et al., (2013) concluyo que los efectos biológicos de la interacción de UV, LV e IR con la piel, es decir, el eritema y la pigmentación inducidos, están influenciados por una variedad de factores. Los diferentes espectros de UVR inducen efectos únicos sobre la localización de la melanina dentro de la epidermis y cambios en la estructura y el grosor de la epidermis. El curso temporal de la exposición, los cromóforos específicos, la dosis de cada longitud de onda, el tipo de piel constitucional y la pigmentación cutánea previa a la exposición juegan un papel en esta interacción. Se sabe que la luz induce eritema y pigmentación en sujetos de piel oscura.

Table 1 UV, visible, and IR radiation with the corresponding wavelengths

UV, visible, and IR	Wavelength
UVC	100–280 nm
UVB	280–315 nm
UVA	315–400 nm
UVA2	320–340 nm
UVA1	340–400 nm
Visible light	400–760 nm
IR	760 nm–1 mm
IR-A	760–1400 nm
IR-B	1400–3000 nm
IR-C	3000 nm–1 mm

Ilustración 31- Longitudes de onda con respecto a las radiaciones ópticas

Fuente: (Lindsay, Fahad , Henry, & Iltefat, 2013)

En la ilustración 30 se muestra los diferentes tipos de radiaciones ópticas divididas con su diferente longitud de onda. Así mismo, se muestran sus respectivas subdivisiones de las mismas.

Efectos Agudos de la Radiación UltraVioleta

Eritema (Quemaduras Solares)
Pigmentación
 Oscurecimiento inmediato del pigmento
 Oscurecimiento persistente del pigmento
Bronceado Retardado
Hiperplasia
Síntesis de Vitamina D
Inmunosupresion
Inducción de óxido nítrico
Expresión de hemo oxigenasa -1
Disminución de la presión arterial

Efectos Crónicos de la Radiación UltraVioleta

Fotocarcinogénesis

Ilustración 32- Efectos agudos y crónicos de la radiación ultravioleta

Fuente: (Lindsay, Fahad , Henry, & Iltefat, 2013)

En la ilustración 31 se muestra los efectos agudos y crónicos encontrados en la radiación ultravioleta empezando desde un descenso en la presión sanguínea hasta un eritema en la piel.

Radiación	Pigmentación
UVA	Induce pigmento inmediato oscurecimiento que desaparece en 2 horas. El bronceado retardado aparece dentro de 3-5 días después de la exposición y puede persistir durante meses.
UVA1	Induce pigmentación inmediata y retardada en todo tipo de piel.
UVAZ	En tipos de piel I y II el eritema precede pigmentación. En tipos de piel III y IV induce pigmentación sin eritema visible.
UVB	La pigmentación ocurre cuando está precedida por eritema
Banda Estrecha UVB	Picos entre 3-6 días, la pigmentación vuelve a su línea de base al mes.
Banda Ancha UVB	Picos entre 4-7 días, la pigmentación vuelve a línea de base a los 3 meses.
Luz Visible	Oscurecimiento inmediato del pigmento y bronceado retardado en los tipos de piel IV, VI, la pigmentación puede durar 2 semanas.
Infrarrojo	Ninguna

Ilustración 33- Pigmentación inducida por radiación

Fuente: (Lindsay, Fahad , Henry, & Iltefat, 2013)

En la ilustración 32 se muestra la pigmentación debido a los tipos de radiaciones ópticas en donde se conoce que la pigmentación es una decoloración de la piel afectando el color de ella misma.

- Lee et al., (2006) implemento un estudio en donde se realizó una investigación de los efectos de los rayos infrarrojos en la producción de colágeno y elastina en fibroblastos dérmicos, así como los efectos clínicos de los rayos infrarrojos en las sesiones cutáneas del rostro por fotoenvejecimiento. Para poder determinar el efecto de la radiación infrarroja en la producción de colágeno y elastina, los fibroblastos de la piel se expusieron a radiación infrarroja durante diferentes periodos de tiempo y luego se determinó el contenido de colágeno y elastina. Además de eso se analizaron 20 pacientes con arrugas faciales leves a moderadas y lesiones hiperpigmentadas recibieron tratamientos diarios de radiación infrarroja lejana durante seis meses.



Ilustración 34- Evaluación fotografica de las arrugas faciales. Se muestra mejoras de arrugas despues de 6 meses.

Fuente: (Lee, Roh, & Lee, 2006)

En la ilustración 33 se muestra una paciente que experimenta sus mejoras con el uso de la radiación en la aplicación medica en donde le ayuda a mejorar su aspecto físico con mejoras en elasticidad de la piel, eliminando arrugas causadas por alcanzar la mayoría de edad.

5.1.2.1 DISCUSIÓN

Se conoce que las radiaciones ópticas están constituidas en 3 partes, ultravioleta, luz visible e infrarroja, siendo estas las que se encuentran en un punto intermedio entre las ondas largas y cortas, ya que se encuentran en medio de estas, al centro, lo cual las hace en parte dañinas y en otra parte no dañinas.

Tomando en cuenta el estudio de Holick, se comprende que los seres humanos han evolucionado al paso de la luz del sol y estos han dependido de la luz solar día tras día, ya que la luz proveniente del sol era una de las características más atractivas en tiempos pasados. Sin embargo, con el paso del tiempo han surgido diversos estudios de la prensa no especializada y asociaciones médicas en las cuales se ha denunciado que la exposición al sol contribuye y resulta ser alarmante al momento de ser un factor con mayor riesgo de cáncer de piel. En tiempos anteriores se creía que el único efecto de la luz solar era simplemente la generación de altas unidades de calor que resultaban en consecuencia como lo que hoy conocemos, quemaduras de piel. Así mismo, la radiación electromagnética emitida por el sol cubre una

amplia gama de longitudes de onda. Solo algunas de estas longitudes de onda pueden penetrar la capa de ozono hasta la superficie de la tierra. Incluyendo ultravioleta, luz visible e infrarrojos. En el rango de UVR, el espectro ultravioleta más largo es UVB y UVA pueden alcanzar la superficie de la tierra, mientras que UVC es absorbido por la capa de ozono y existe en el sol solo cuando aterriza a gran altura. Los efectos de la luz ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja sobre el eritema de la piel, el oscurecimiento inmediato del pigmento, el oscurecimiento continuo del pigmento y el postbronceado se ven afectados por muchos factores. Algunos de estos factores incluyen la profundidad de penetración de la piel a longitudes de onda específicas, tipos de piel individuales y los espectros de absorción de diferentes cromóforos en la piel. UVB es un espectro eficaz que induce eritema y posterior retraso del bronceado. Los rayos UVA harán que el pigmento se oscurezca de inmediato, continuarán oscureciendo el pigmento y retrasarán el bronceado. En dosis altas, los rayos UVA también pueden inducir eritema en personas con piel de tipo I-II. La luz visible puede causar eritema y reacciones de bronceado en pieles oscuras, pero no visibles en pieles claras. La radiación infrarroja puede producir eritema, que puede ser un efecto térmico. En uno de los estudios los pacientes realizaron evaluaciones clínicas y con fotografía en sus respectivas biopsias de la piel para sus posteriores análisis. Demostrando que después de los 6 meses de tratamiento, todos ellos informaron buenas noticias mencionando que la textura áspera de la piel tenían un 75% de mejora, además con un 50% de mejora en el color de la piel. Sin embargo, no se observaron mejoras en la hiperpigmentación conocida como la producción de manchas a causa de la radiación solar. Debido a estos puede concluir que la radiación infrarroja puede tener efectos beneficiosos sobre la textura y arrugas de la piel, además que sus efectos secundarios de este tipo de radiación son mínimas y transitorias, ya que, de los 20 pacientes tratadas el 80% desarrollo un eritema leve que duro pocas horas y no fue un problema para el paciente. Otras quejas del 3% mencionaban una leve resequedad y el otro 2% escamas en la cara. Por lo tanto, se puede concluir que no se encuentran casos de alteración de pigmentación o quemaduras extremas a causa de radiaciones visibles u ópticas.

5.1.3 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS CON MAYOR LONGITUD

Las ondas con mayor longitud mantienen una fuente menor de energía, lo cual reduce su nivel de daño. Al ser una onda con bajo nivel de energía, se convierte en una onda con capacidad inexistente de descomposición molecular.

- Los investigadores de The INTERPHONE Study Group (2010) realizaron un estudio sobre los riesgos de tumores cerebrales en relación con el uso de teléfonos móviles. Realizaron un estudio de casos y controles basado en entrevistas con 2708 casos de glioma y 2409 de meningioma y controles emparejados en 13 países utilizando un protocolo común. Con este estudio determinaron que, en general, no se observó un aumento en el riesgo de glioma o meningioma en asociación con el uso de teléfonos móviles. Hubo sugerencias de un mayor riesgo de glioma, y mucho menos de meningioma, a los niveles de exposición más altos, para exposiciones ipsilaterales y, para glioma, para tumores en el lóbulo temporal. Sin embargo, los sesgos y errores limitan la solidez de las conclusiones que podemos extraer de estos análisis y evitan una interpretación causal utilizando un protocolo común.
- Los investigadores Janyani et al., (2018) realizaron un estudio sobre los efectos que con lleva la radiación electromagnética emitida por teléfonos móviles y como puede afectar la fertilidad del hombre, informando que la utilización de teléfonos móviles por parte de los hombres está relacionado con la disminución del recuento de espermatozoides, la calidad del semen, la viabilidad, la motilidad asociándose al lapso de uso del móvil. Los estudios han establecido que un 30% de los espermatozoides se reduce en los usuarios con alta actividad de aparatos móviles, incluyendo el daño en los mismos. El 36.3% de los hombres adultos que hacen llamadas de larga duración a menudo no tienen espermatozoides rápidos a comparación del 51.3% de los hombres adultos que no realizan llamadas. Así mismo el teléfono celular también tiene un efecto cuando simplemente se enciende el auricular en un pantalón, ya que los teléfonos celulares canalizan información esporádicamente hacia las torres móviles para establecer contacto. Además de esto la radiación emitida por los mismos crea

fragmento de ADN en las células de los espermatozoides que puede elevar el riesgo y producir cambios genéticos o posible cáncer.

- Los investigadores de Zhu et al., (2015) hicieron un estudio construyendo el modelo de la cabeza humana con la ayuda del software High Frequency Structure Simulator estudiando la tasa de absorción específica (SAR) en la cabeza humana, concluyendo que la absorción de la radiación electromagnética en la cabeza humana se concentra principalmente en la piel y el tejido cerebral, siendo la tasa de absorción en el cráneo muy baja, mientras que la tasa en el tejido cerebral es más alta. El nivel de agua en el cuerpo humano se pierde gradualmente, con el aumento de la edad, lo que conduce a que los parámetros eléctricos disminuyan. El parámetro eléctrico de niños y adolescentes es más alto que el de los adultos. La absorción de la radiación electromagnética por un adulto, un niño de 10 años y un niño de 5 años desde un teléfono móvil se muestra en la Figura 35. El área amarilla muestra la radiación proveniente del teléfono móvil, y demuestra como esta misma impacta el cerebro y como penetra la oreja. La radiación penetra en un adulto el 25%, un niño de 10 años penetra un 50% y en un niño de 5 el 75%. Esto se debe a que los tejidos del cerebro en los niños suelen ser más delgado por el hecho de que están en un constante crecimiento. Es por esto por lo que el riesgo es aún mayor, ya que pueden desarrollar tumores cerebrales, comúnmente conocidos como leucemia, siendo esta una de la principal causa de muerte en niños.

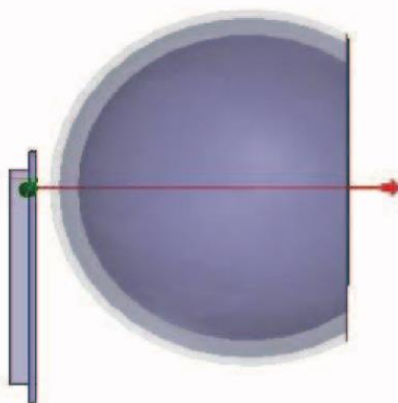


Ilustración 35- Modelo de una cabeza humana con la ayuda del Software High Frequency Structure Simulator

Fuente: (Changqi, Dongsheng , Lanlan , & Wenli, 2015)

En la ilustración 34 se muestra ver como una máquina o un simulador llamado Software High Frecuency Simulator muestra el prototipo de una cabeza humana para poder simular sus posibles efectos.



Ilustración 36- Radiación absorbida en la cabeza proveniente de un teléfono móvil

Fuente: (Changqi, Dongsheng , Lanlan , & Wenli, 2015)

En la ilustración 35 se observa la radiación absorbida en la cabeza humana de tres tipos de edades donde se encuentra un adulto, un niño de 10 años y un niño de 5 años, en el cual se determina que entre más elevada es la edad más disminuye la absorción de la misma.

- Pall (2018) concluye que no existe una evidencia o rastro válido de que los enrutadores wifi o cualquier dispositivo inalámbrico conectado a un punto de acceso aumentan el riesgo de cáncer u otras enfermedades. Es común que los campos electromagnéticos se consideren cancerígenos, sin embargo, no se ha observado un vínculo directo entre dichos dispositivos y cualquier tipo de cáncer. Aunque no se tenga la certeza de que los enrutadores wifi provocan una causa severa en la salud humana se debe tomar en cuenta que es necesario protegerse de cualquier emisión de radiación proveniente de los enrutadores o dispositivos electrónicos de tal modo que se pueda minimizar la exposición y así evitar cualquier posible riesgo.

5.1.3.1 DISCUSIÓN

Una de las partes del cuerpo humano que se podría considerar que son afectadas por las ondas electromagnéticas con mayor longitud es el cerebro. Esto debido a que el cerebro funciona en base a pulsos eléctricos. Considerando que alguna de estas ondas electromagnéticas pueda a llegar a afectar los impulsos eléctricos que están produciéndose constantemente en el cerebro. Igualmente, La reproducción humana se puede ver afectada por las ondas del espectro electromagnético, ya que la energía es absorbida por los tejidos del cuerpo humano. Considerando que cierta parte de las ondas encontradas en el espectro electromagnético transportan a diversos niveles de radiación que llegan a ser absorbidas por el cuerpo humano de tal manera que influyen en los órganos reproductivos. El cuerpo humano se ve afectado por la radiación producida de los campos electromagnéticos debido a su alto nivel de exposición a lo largo del día, ya que estos campos van en incremento con los años, con el uso de nuevos equipos y aparatos ligados a ciertos niveles de radiación. Cuando el cuerpo humano entra en contacto con estas mismas absorbe la radiación, ya que el cuerpo está compuesto en un 70% de líquido. La absorción de la radiación se ve mayormente reflejado en las partes del cuerpo humano con más líquidos, como puede ser el cerebro, que tiene hasta un 90% de agua. Por otro lado, diversos estudios han determinado que las redes WI-FI son de gran riesgo para la salud humana, de tal manera que llegan a causar diversos efectos tales como, estrés, daños en el aparato reproductivo masculino y efectos neuropsiquiátricos que incluyen cambios endocrinos, cargas excesivas de calcio y daño en el ADN. Los investigadores que utilizan la tecnología de resonancia magnética encontraron que las personas expuestas a la radiación WI-FI tienen diferentes áreas de actividad cerebral. Todos los equipos electrónicos inteligentes suelen estar conectados a internet a través de enrutadores wifi. Al desplegar un enrutador WI-FI 5GHz, se encuentra una frecuencia superior a las comunes de 2.4 GHZ, sin embargo, aún se desconocen los riesgos posibles debido a la misma. La red WI-FI es una red inalámbrica que implica la conexión de al menos una antena conectada al Internet y diversos aparatos inalámbricos que mantienen cierta comunicación inalámbrica con dicha antena WI-FI. Con el paso del tiempo ciertos grupos pertenecientes a todo el entorno de las telecomunicaciones han comentado sobre cómo el Wi-Fi no tiene ningún impacto en la salud, sin embargo, el ámbito tecnológico es cada vez más común y toda la exposición del Wi-Fi como tal abarcan cada vez más el entorno, de tal manera que nuestras exposiciones se dan a diario en cualquier

momento, ya que los seres humanos viven rodeados por este mismo. Dado que el ámbito de implementación de las redes de Wi-Fi cada vez se expande más y crece constantemente al igual que la preocupación de los efectos en la salud causados por el mismo, sin embargo, aunque se han realizado diversos estudios en los que se plantean posibles riesgos u efectos, no se ha obtenido hasta el momento una respuesta clara, fija y segura que determine o valide dichas teorías o planteamientos, por ende, los efectos o riesgos que se han determinado no tienen el 100% de certeza que provienen de dicha radiación.

5.2 RESUMEN DE DISCUSIÓN

En este apartado se plantearán, resumirán y explicarán los resultados obtenidos en la presente investigación.

5.2.1 ESTUDIOS A TRAVÉS DE LOS AÑOS

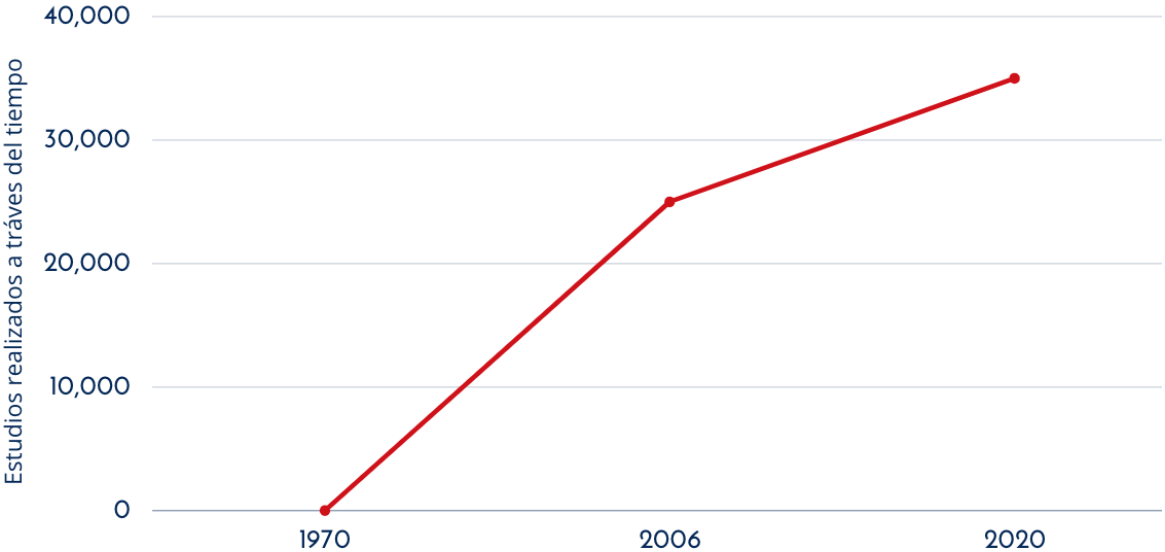


Ilustración 37- Incremento de estudios a través de los años

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 45 se muestra el incremento de los estudios basados en el tema de la radiación a través de los años. En el año 1970 empezaron a surgir diversos artículos que abarcaban el tema

de la radiación, sus aplicaciones y efectos. Estos artículos tuvieron un aumento notorio en 1976, seguido de esto se tuvo un alto impulso hasta el año 2006 con más de 25,000, es decir más de 800 artículos publicados año artículos, cifra que, a la fecha actual, 2020 ha sido superada con más de 11,000 artículos en los últimos 14 años.

5.2.2 RADIACIONES Y SUS EFECTOS

En esta sección se mencionarán las aplicaciones que se encuentran en las Radiaciones electromagnéticas con algunos de sus efectos y riesgos.

5.2.2.1 Radiaciones Ionizantes

	ONDAS	APLICACIONES	EFECTOS Y RIESGOS
RADIACION IONIZANTE	RAYOS GAMMA	<ul style="list-style-type: none"> • Exterminar bacterias e insectos en alimentos • Medicina Nuclear • Detección del cáncer de huesos. • Esterilización de equipo médicos. • Tratamientos de tipos de cáncer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación • Anomalías de desarrollo • Crecimiento • Defectos genéticos en el cuerpo humano.
	RAYOS X	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografía de rayos x (radiografías/ radioterapia). • Investigaciones físicas o químicas. • Examinar objetos (piezas metálicas) sin destruirlos. • Control de pasajeros en los aeropuertos (equipos detección) • Restauración de arte. 	<ul style="list-style-type: none"> • En exámenes diagnósticos no tendrán efectos adversos. • En exámenes con mayor dosis, pueden producir efectos biológicos. • Pérdida de cabello al exponerse a altas dosis. • Corto plazo: exposición a un accidente nuclear o bomba atómica: náuseas, vómito, diarreas, pérdida de cabello y hemorragia. • Largo plazo: anomalías de nacimiento y defectos genéticos.

Ilustración 38- Tipos de radiación con sus posibles efectos

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 46 muestra algunos los tipos de aplicación de la radiación en la vida cotidiana y ciertos efectos causados por las mismas. La radiación ionizante controlada no representa ninguna amenaza grave para la salud, ya que estas radiaciones llegan a ser, más bien, beneficiosas para los seres humanos en diversas aplicaciones todos los días, sin embargo, el uso incontrolado de estas puede tener efectos nocivos para la salud, ya que alteran o modifican las células humanas. Cabe destacar que dichos efectos variarán con diversos factores, como la edad, la dosis y el tipo de radiación, entre otros.

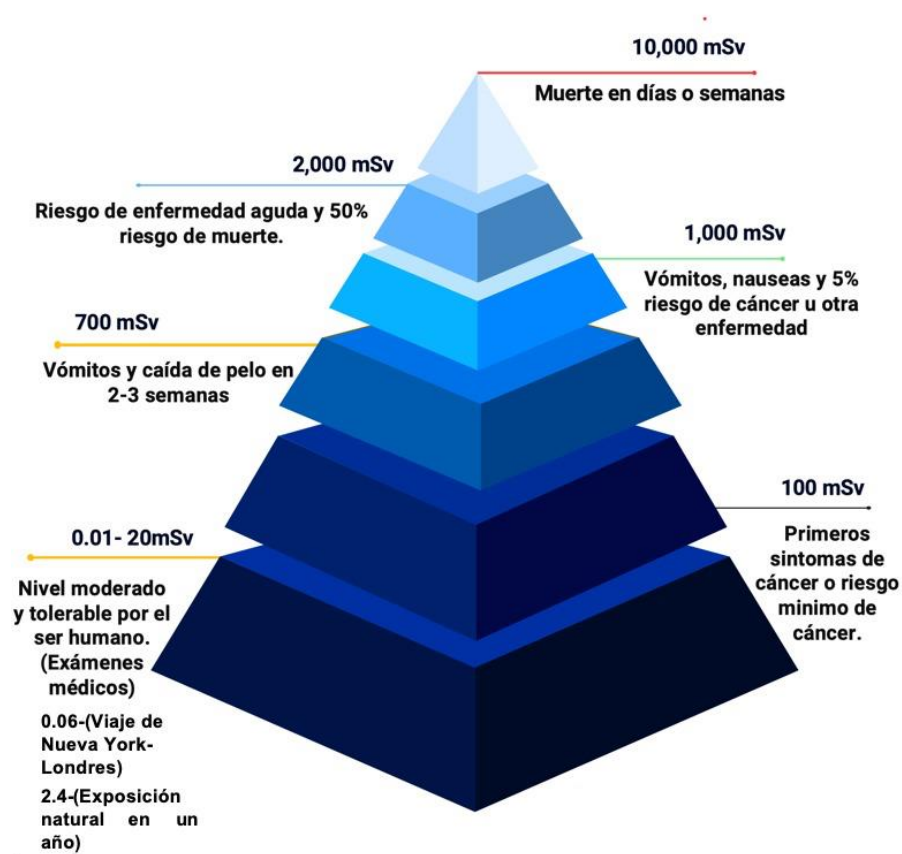


Ilustración 39- Efecto según su dosis

Fuente: Elaboración Propia

La ilustración 47 destaca las dosis de radiación ionizante más relevantes que son recibidas mediante la ejecución de diferentes actividades diarias y sus efectos al mantener cierto nivel de exposición ante las mismas indicadas.

5.2.2.2 Radiaciones No Ionizante

		ONDAS	APLICACIONES	EFFECTOS Y RIESGOS
RADIACION NO IONIZANTE	ULTRAVIOLETA		<ul style="list-style-type: none"> • Bronceado de piel y tratamiento de psoriasis. • Efecto bactericida en esterilización de comida y aire. • Lámparas: germicidas, de luz negra • Láser y lámparas fluorescentes • El Sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de elasticidad en la piel • Eritema, conjuntivitis y cataratas • Quemaduras de piel a corto plazo • Pérdida de elasticidad en la piel • Fotoqueratitis • Exposición prolongada aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel.
	LUZ VISIBLE		<ul style="list-style-type: none"> • Aparatos láser • Tubos de neón, fluorescentes • Fuentes artificiales de luz • El Sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo o pérdida de la vista • Fatiga
	INFRARROJA		<ul style="list-style-type: none"> • Termoterapia • Fototerapia • Termografía infrarroja (alta o baja temperatura) • Medicina forense • Antorchas de plasma • Lámparas halógenas • Cuerpos calientes (seres vivos, estufas, fuego) • El Sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Eritema • Quemaduras de piel • Problemas de retina, lesión de ojos o problemas del cristalino. • Calentamiento en el tejido • Fatiga • La interacción genera radicales libres que degradan el colágeno y envejecen la piel.
	MICROONDAS		<ul style="list-style-type: none"> • Telecomunicaciones • Control de tráfico aéreo • Control de misiles • Radar • Hornos de microondas 	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras en la piel (su nivel depende de la intensidad de la onda). • Calentamiento
	ONDAS DE RADIO		<ul style="list-style-type: none"> • Radios AM y FM, celulares y antenas 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay

Ilustración 40- Tipos de radiación con sus posibles efectos

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 48 se muestran algunos de los posibles efectos con sus diferentes tipos de aplicación. La radiación no ionizante se distingue por sus dos tipos siendo una de ellas las radiaciones ópticas donde se encuentran los rayos Ultravioleta, la luz visible y la infrarroja; por otra parte, los campos electromagnéticos donde se encuentran las radiofrecuencias y microondas. Dependiendo de la frecuencia de emisión y la energía recibida, la radiación no ionizante puede tener efectos biológicos en las personas expuestas. Esta puede causar daños en la piel tales como, quemaduras, erupciones e incluso cáncer de piel. Las radiaciones no ionizantes afectan principalmente a los ojos y provocan aumentos en la temperatura de la piel.

5.2.3 ENTREVISTA REALIZADA

¿Conoce algún síntoma o enfermedad causado por las radiaciones electromagnéticas? si su respuesta es Sí, indique cual(es) son.

14 responses

No
Esterilidad, cancer, deformación genética
Cancer
Si, leucemia
Nop
Cáncer
Si, sensibilidad electromagnética
NO
Dolor de cabeza, náuseas, mareos, vomito y posibles tumores cerebrales
Infertilidad y aumento de pelo blanco (canas) a personas que por su trabajo o condición social son expuestos frecuentemente a radiación de distintas frecuencias en el espectro electromagnético

Ilustración 41- Respuestas Entrevista

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 40 se muestra la respuesta de sobre si tienen un conocimiento sobre algunos síntomas o enfermedades causadas por las radiaciones electromagnéticas.

¿Conoce algún método de prevención para las radiaciones electromagnéticas? si su respuesta es Sí, indique cual(es).

14 responses

No
Prevenir mediante la distancia y el tiempo de exposición a la fuente de la radiación
Evitar altas exposiciones
si, trajes especiales, jaula de faraday
Sí, la distancia de los focos de radiación electromagnética intensa.
Alejar la fuente
Si, reducir la exposición continua, no usar dispositivos bluetooth por mucho tiempo, no dormir con el teléfono debajo de la almohada
Si, RF
Permanecer lo más alejado posible de las fuentes emisoras de Campos electromagnéticos como estaciones de radio, celulares, router de wi-fi etc
Si apagando los aparatos que generan campos electromagneticos mientras no esten en uso

Ilustración 42- Respuesta Entrevista

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración tal se muestra si se conoce algún método de prevención para las radiaciones electromagnéticas.

¿Qué opina sobre el incremento de las radiaciones electromagnéticas en el entorno?

16 responses

- A largo plazo puede causar problemas en la humanidad debido a la intensidad y el aumento en las fuentes de radiación
- Siempre han estado en el entorno
- Es alarmante ya que es un signo de advertencia para las personas en el sentido que deben cuidarse cada vez mas especialmente si estan expuestos directamente a la misma
- no se
- deberian ser controladas
- La regulación es importante.
- Perjudiciales
- Es un tema delicado que requiere análisis para cuidados de la salud, están presentes y la exposición en largos periodos puede tener consecuencias, existe el índice de radiación corporal pero pocas personas verifican que rango es el aparato que compra
- Que es normal debido al incremento de los servicios y de la poblacion
- La tecnología de lo inalámbrico nos ha invadido y hoy todos nuestros aparatos se conectan vía espectro de radiofrecuencia lo que nos expone más a estas radiaciones pero es algo con lo que tenemos que convivir y tratar de no estar tiempos muy continuos conectados a los mismos
- Afecta y desbalancea el ecosistema
- Habran consecuencias
- Nos esta afectando en nuestra salud en un largo plazo

Ilustración 43- Respuesta Entrevista

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 42 se muestra la opinión personal sobre el incremento de las radiaciones electromagnéticas.

Genero
16 responses

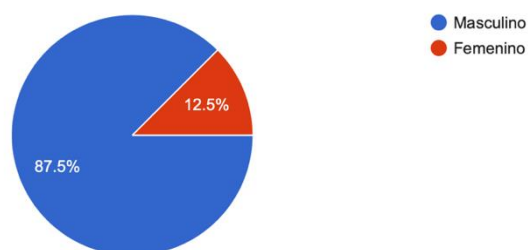


Ilustración 44- Género de los entrevistados

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 43 se muestra que el 87.5% de los entrevistados fueron del género masculino y por el otro lado del 12.5% genero femenino.

Edad
16 responses

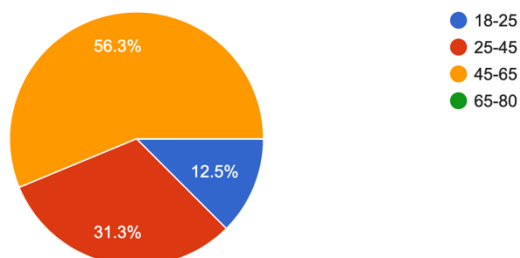


Ilustración 45- Gráfico de las edades entrevistadas

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 44 se muestra que el 56.3% del grupo entrevistado es de un rango de 45 a 65 años, el 31.3% en un rango de 24-45 años y por el otro lado un 12.5% con 18-25 de edad.

¿En su ámbito laboral ha encontrado algún caso de problema de salud a causa de la radiación electromagnética?
16 respuestas

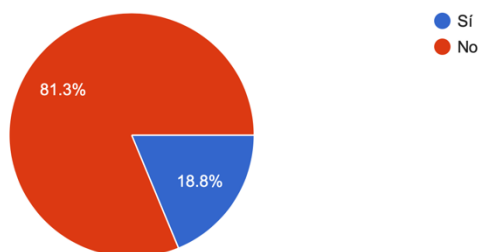


Ilustración 46- Pregunta realizada con gráfico

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 45 se muestra la respuesta dada en un gráfico donde el 81.3% de los entrevistados entrevistado no ha encontrado algún caso de problema de salud a causa de la radiación electromagnética.

Se entrevistaron a ciertos empleados del sector de telecomunicaciones por medio de la empresa MOVILNET S.A. En dicha encuesta fueron sometidos 16 personas, de las cuales el 87.5% son del género masculino y el 12.5% del género femenino. Con un rango de edad para el 56.3% de 45-65 años, 31.3% de 25-45 años y el 12.5%. Restante 18-25 años. Se establecieron 7 preguntas en las que se planteaban ciertos aspectos como edad y género, seguidos de preguntas sobre si han tenido o presenciado algún caso de problemas de salud a causa de la radiación electromagnética, de los cuales se concluyó que un 81.3% no los había presenciado, mientras que un 18.8% afirma que sí.

Seguido de esto se planteó si tienen algún conocimiento sobre síntomas o enfermedades que son causadas por las radiaciones electromagnéticas, de las cuales se presentaron: esterilidad, cáncer, sensibilidad electromagnética, deformación genética y aumento de canas, siendo la esterilidad y el cáncer las más repetidas. Otra de las preguntas plantea fue si se tenía algún conocimiento de métodos de prevención para esta radiación, de la cual se determinó que la respuesta más destacada fue: evitar las altas exposiciones a fuentes de radiación, evitar o alejarse de estaciones de radio, enrutadores Wi-Fi, o mantener apagados aparatos que generen campos electromagnéticos mientras no están en uso. Otro de los puntos encuestados fue si

tienen un conocimiento de los tipos de radiaciones del espectro, obteniendo que el 99% de las personas las conocen en su totalidad. Para finalizar se pidió una breve opinión sobre que piensan del incremento constante de las radiaciones electromagnéticas en el entorno a través de los años, concluyendo que estas radiaciones siempre han estado en el entorno y es normal que incrementen con el tiempo, ya que cada día el entorno se vuelve más grande y está en un constante cambio y evolución, adaptando más fuentes de radiación al mismo, sin embargo que sean controladas y reguladas, ya que tienen muchos efectos a largo plazo en la salud humana debido a su intensidad y aumento. Igualmente se resalta que es muy importante conocer las consecuencias y analizar todos sus efectos, así como lo que estos mismos conllevan.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se logra responder las preguntas de investigación a través de las conclusiones que se muestran en este capítulo.

6.1. CONCLUSIÓN GENERAL

Dado que todas las aplicaciones se comunican y conectan a través de ondas electromagnéticas, la radiación que se encuentra en el espectro electromagnético es inevitable y crece de manera exponencial en el entorno. Las ondas electromagnéticas, clasificadas en tres parámetros básicos longitud de onda, frecuencia y energía. Las radiaciones se clasifican en dos grupos, por lo que las ondas de menor longitud son más dañinas, mientras que las otras ondas representan riesgos mínimos o casi inexistentes. Sin embargo, no existe evidencia específica que asegure o confirme la conexión entre dicho riesgo o impacto y la causa de la radiación.

6.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- 1) Los riesgos a los que se enfrentan los seres humanos dependen en gran parte del tipo de radiación y el tiempo de exposición. Por lo tanto, los peligros que representan las ondas con menor longitud, tales como los rayos x (con una longitud de onda entre los 10 nm a

los 0.1 pm) y los rayos gamma (con una longitud aproximada de 100 pm) son capaces de penetrar la materia y pueden provocar alteraciones en diferentes partes del cuerpo, así como en la piel, ojos o sistemas cardiovasculares, provocando efectos tales como, quemaduras de piel, pérdida del cabello, diarrea, entre otros.

- 2) Las radiaciones ópticas compuestas por la luz visible, rayos ultravioletas y los rayos infrarrojos atacan mayormente los ojos y la piel provocando daños leves desde conjuntivitis, cataratas o quemaduras leves, evolucionando hasta daños más graves como cáncer de piel. El nivel de daño dependerá en gran parte del tipo de radiación al que nos exponemos, ya que estos varían en cuanto a su longitud o energía. Sin embargo, las radiaciones ópticas atacan en mayor parte a la piel y los ojos. La exposición de infrarrojo (desde los 750 nm a los 1 mm) puede provocar quemaduras. En cuanto a la luz visible (entre los 380 nm a los 780 nm) provoca pérdida de visión, dolor de cabeza, visión borrosa dado a su contraste muy fuerte o exceso de luz. Por último, la radiación ultravioleta con longitudes de onda (entre los 100 nm a los 400 nm) tienen efectos conocidos como el eritema o pigmentación retardada y tras exposiciones largas llegando a tener oncogénesis lo cual es el proceso del cáncer.
- 3) La radiación ionizante mantiene un mayor nivel de riesgo, con la longitud de onda más corta (entre los 10 nm a los 100 pm) con suficiente energía para ionizarse. Por otro lado, las no ionizantes tienen riesgos más bajo y mantienen una longitud de onda más larga (desde los 10 nm hasta los 10,000 m) siendo incapaces de lograr la ionización, ya que no tienen suficiente energía para lograrlo. La radiación encontrada en la longitud de onda desde los 1 gm a 10 mm son de baja frecuencia y en esta se encuentran las estaciones de radio, telefonía móvil, radares y otros comunicaciones por microondas u ondas de radio, siendo esta la onda más larga y por ende la menos dañina para la salud, porque el cuerpo humano absorbe la radiación todos los días y no puede alterarla químicamente, por lo que puede tolerar dicha radiación para que no cause efectos altamente dañinos, como los obtenidos por radiaciones ionizantes, provenientes de los rayos gamma y rayos x.

VII. RECOMENDACIONES

Una vez que se extraen las conclusiones y se basan en estas conclusiones, se hacen respectivas recomendaciones de investigación.

- 1) Mediante la realización de la investigación se concluyó que es necesario seguir incrementado los análisis y estudios referentes a las causas y efectos de las radiaciones no ionizantes, ya que hay múltiples teorías, respuestas u opiniones más sin embargo no existe una certeza o una respuesta clara y única de sus posibles efectos y de la existencia de los mismos.
- 2) Es necesario crear un alto nivel de importancia sobre la necesidad del reforzamiento de los conocimientos de las radiaciones y sus efectos hacia todas las personas, ya que el incremento de estas mismas va incrementando cada vez más y van formando una mayor parte de nuestra vida cotidiana de tal forma que es indispensable que las personas sepan las consecuencias que estas traerán a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍAS

1. *14 RADIACIONES.pdf*. (s/f). Recuperado el 3 de septiembre de 2020, de <https://www.uv.es/DSSQA/documentacion/castellano/PDF/14%20RADIACIONES.pdf>
2. *Átomo. Características y estructura de los átomos*. (s/f). Recuperado el 3 de septiembre de 2020, de <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/atomo>
3. Bonilla-Castro, E., & Sehk, P. R. (2005). *Más allá del dilema de los métodos: La investigación en ciencias sociales*. Editorial Norma.
4. Carpenter, D. O. (2015). The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: Historical background. *Reviews on Environmental Health*, 30(4), 217–222. <https://doi.org/10.1515/reveh-2015-0016>
5. Clark, R. (1980). *Hazañas científicas de nuestro tiempo: El impacto de la invención moderna* (2a ed.). <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000001848>
6. *Constitución*. (s/f). OMS. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://www.who.int/es/about/who-we-are/constitution>
7. *Descubrimiento de las ondas de Radio: La confirmación de la Teoría Electromagnética*. (2009, de abril de). Investigación y Ciencia. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagntica-10186>

8. *Educación: Sir Frederick William Herschel (1738-1822)*. (s/f). Sir Frederick William Herschel. Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/herschel/herschel_bio.shtml
9. *Efecto fotoeléctrico (artículo) | Fotones*. (s/f). Khan Academy. Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/photoelectric-effect>
10. *El ADN bajo el efecto del sol*. (2012, Agosto). Investigación y Ciencia. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-ecosistema-interior-556/el-adn-bajo-el-efecto-del-sol-9355>
11. Faraday y la teoría electromagnética de la luz. (2017, Diciembre). *Sector Electricidad | Profesionales en Ingeniería Eléctrica*. <http://www.sectorelectricidad.com/18934/faraday-y-la-teoria-electromagnetica-de-la-luz/>
12. García, A. S. (s/f). *Breve historia del espectro | Astrocantabria*. Breve Historia del Espectro. Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de <https://astrocantabria.org/?q=historia-espectro>
13. Genuis, S. J., & Lipp, C. T. (2012). Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Science of The Total Environment*, 414, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.008>
14. Geoenciclopedia. (s/f). *¿Qué es el Átomo? - Información y Características - Geografía*. Recuperado el 3 de septiembre de 2020, de <https://www.geoenciclopedia.com/que-es-el-atomo/>

15. Holick, M. F. (2016). Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36(3), 1345–1356.
16. Hoyos Serrano, M., & Flores Patty, L. P. (/). Tipos de Radiación, Aplicaciones, Beneficios y Riesgos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 1798.
17. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, I. (2020). *¿Cómo se miden las radiaciones ionizantes? - Detalle riesgos físicos*. <https://www.insst.es/-/-como-se-miden-las-radiaciones-ionizantes->
18. Ipinza, F. E., & Poblete, V. R. (2011). *Fluorescencia visible inducida por radiación UV. Sus usos en conservación y diagnóstico de colecciones. Una revisión crítica*. 12.
19. Janyani, V., Tiwari, M., Singh, G., & Minzioni, P. (2018). *Optical and Wireless Technologies: Proceedings of OWT 2017*. Springer.
20. Kaszuba-Zwoińska, J., Gremba, J., Gałdzińska-Calik, B., Wójcik-Piotrowicz, K., & Thor, P. J. (2015). Electromagnetic field induced biological effects in humans. *Przegląd Lekarski*, 72(11), 636–641.
21. Lee, J. H., Roh, M. R., & Lee, K. H. (2006). Effects of Infrared Radiation on Skin Photo-Aging and Pigmentation. *Yonsei Medical Journal*, 47(4), 485. <https://doi.org/10.3349/ymj.2006.47.4.485>
22. Maxwell, J. C. (s/f). *Maxwell y el electromagnetismo*. 2.
23. Pall, M. L. (2018). Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research*, 164, 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.035>

24. *Radiaciones ionizantes*. (s/f). Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de \$currentUrl
25. *Ritter Descubre la Luz Ultravioleta*. (s/f). Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ritter/ritter_bio.html
26. *Russian National Committee of Non-Ionizing Radiation Protection-2008 report*. (2008).
/paper/Russian-National-Committee-of-Non-Ionizing-
report/56c7157e25e7cd38b10c2beabda1687f7ca38e49
27. Sklar, L. R., Almutawa, F., Lim, H. W., & Hamzavi, I. (2013). Effects of ultraviolet radiation, visible light, and infrared radiation on erythema and pigmentation: A review. *Photochemical & Photobiological Sciences: Official Journal of the European Photochemistry Association and the European Society for Photobiology*, 12(1), 54–64.
<https://doi.org/10.1039/c2pp25152c>
28. The INTERPHONE Study Group. (2010). Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: Results of the INTERPHONE international case-control study. *International Journal of Epidemiology*, 39(3), 675–694.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyq079>
29. Vega, C. P. (s/f). *Radiaciones ionizantes y no ionizantes en el medio ambiente*. 126.
30. Zhu, C., Wu, D., Ping, L., & Liang, W. (2015). The effects of head parameters on the specific absorption rate in the human head. *2015 8th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)*, 423–427.
<https://doi.org/10.1109/BMEI.2015.7401542>

31. A&E Television Networks. (1945). *Bombardeo de Hiroshima y Nagasaki—HISTORIA* [Bombardeo de Hiroshima y Nagasaki]. History Channel.
<https://www.history.com/topics/world-war-ii/coroners-report-atomic-bomb-video>
32. Verdú Rotellar, J. M., Algara López, M., Foro Arnalot, P., Domínguez Tarragona, M., & Blanch Mon, A. (2002). Atención a los efectos secundarios de la radioterapia. *Medifam*, 12(7). <https://doi.org/10.4321/S1131-57682002000700002>