



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA**

**“La exposición a los campos electromagnéticos en bajas frecuencias y su  
influencia en el pH de la piel”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR**

**CRUZ CEDEÑO SANTIAGO ANDRÉS**

**PROFESOR TUTOR  
NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PhD.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR  
2015**

**La libertad, 4 de agosto del 2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: **“LA EXPOSICIÓN A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN BAJAS FRECUENCIAS Y SU INFLUENCIA EN EL PH DE LA PIEL”**, elaborado por el egresado CRUZ CEDEÑO SANTIAGO ANDRÉS, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondientes.

---

NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PhD

**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

La mejor herencia que podríamos dejarte es la educación siempre me han dicho mis padres y la verdad ellos han cumplido.

Por todo el esfuerzo que han hecho, esta nueva meta cumplida va dedicada a ellos.

Santiago Andrés Cruz Cedeño.

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy gracias a Dios por darme las fuerzas necesarias para vencer cualquier obstáculo que se presenta en mi vida, a mi familia por todo el apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera, a mi esposa por su comprensión y lealtad en mi vida y carrera profesional. Al PhD. Néstor Méndez por su ayuda y orientación durante todo el proyecto y a los maestros que me brindaron sus conocimientos.

Santiago Andrés Cruz Cedeño.

# TRIBUNAL DE GRADO

-----  
Ing. Walter Orozco Iguasnia, Msc.  
**DECANO DE FACULTAD**

-----  
Ing. Washington Torres Guin, Msc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**

-----  
NÉSTOR MINHUEY MÉNDEZ, PhD  
**PROFESOR TUTOR**

-----  
Ing. Daniel Gómez  
**PROFESOR DE ÁREA**

-----  
Ab. Joe Espinoza Ayala  
**SECRETARIO GENERAL**

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“La exposición a los campos electromagnéticos en bajas frecuencias y su influencia en el pH de la piel”**

**RESUMEN**

En este proyecto se presentan los resultados obtenidos de un estudio experimental, cuando una persona está expuesta a las radiaciones no ionizantes que trabajan en el rango de los 60 Hz producidos por la corriente eléctrica.

Para el desarrollo de este estudio se contó con la participación de 25 alumnos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena de la carrera de Ingeniería en Sistemas, quienes fueron sometidos a las mediciones en un ambiente con condiciones agradables de trabajo. El lugar de trabajo adecuado para las mediciones fue el Laboratorio de informático #5. Antes de realizar el experimento en el Laboratorio este fue controlado y medido para ver si dentro de este espacio había un alto índice de radiaciones o campos electromagnéticos externos que podrían afectar el resultado obtenidos al momento de las mediciones. Como resultado de este análisis el laboratorio reflejo un índice con valores muy por debajo del rango normal, lo que determinó que era el lugar apropiado para el desarrollo del estudio. Al momento de la evaluación los estudiantes ingresaron con los celulares apagados, las computadoras también se encontraban apagadas y se empezó a tomar los índices de pH que cada estudiante tenía antes de estar en contacto con el computador y en especial con el mouse.

Cada estudiante después de la exposición original estuvo expuesto a las radiaciones del CPU por un lapso de 6 minutos, para luego volver a tomar mediciones tanto en la parte anterior y posterior de la mano con la cual el alumno estuvo controlando el mouse del CPU.

Las mediciones y los resultados fueron exitosos. Los estudiantes no presentaron un cambio significativo en los valores originales del pH de la piel.

# TABLA DE CONTENIDO

ITEM	PÁGINA
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
TRIBUNAL DE GRADO .....	IV
RESUMEN .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1.....	3
1. MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA .....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.5.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.5.2. HIPÓTESIS NULA.....	5
1.6. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.3. VARIABLES .....	39
2.4. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	40
2.5. TÉRMINOS BÁSICOS .....	40
CAPÍTULO 3.....	42
3. ANÁLISIS .....	42
3.1. DIAGRAMA DE PROCESO .....	42

3.2. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	47
CAPÍTULO 4.....	53
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	53
4.2. ANÁLISIS DE DATOS GENERALES.....	66
4.3. ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS.....	67
4.4. ANÁLISIS DE LOS TEST BIOFÍSICOS.....	68
CONCLUSIONES:.....	69
RECOMENDACIONES:.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Figura 1.	Antenas .....	6
Figura 2.	Dispositivos móviles.....	7
Figura 3.	Satélites.....	7
Figura 4.	Campos Magnéticos Naturales .....	14
Figura 5.	Campos Magnéticos .....	16
Figura 6.	Campos Magnéticos .....	17
Figura 7.	Campos Estáticos.....	19
Figura 8.	Influencia de Campos Magnéticos.....	21
Figura 9.	Campos Magnéticos .....	22
Figura 10.	Campos Magnéticos .....	22
Figura 11.	Campos Magnéticos .....	23
Figura 12.	Campos Magnéticos .....	24
Figura 13.	Campos Magnéticos en el hogar.....	26
Figura 14.	Horno Microondas.....	27
Figura 15.	TV LED .....	30
Figura 16.	Celular .....	31
Figura 17.	Tv.....	32
Figura 18.	Campos Magnéticos .....	36
Figura 19.	Bajas Frecuencias .....	38
Figura 20.	Señales.....	39
Figura 21.	Sonda Ph HANNA. ....	43
Figura 22.	Ph HANNA. ....	47
Figura 23.	Skin pH meter HI 99181 .....	48
Figura 24.	Equipo de medición de radiación. ....	49
Figura 25.	Mediciones MUESTRA 1 .....	53
Figura 26.	Mediciones MUESTRA 2. ....	57
Figura 27.	Mediciones MUESTRA 3. ....	54
Figura 28.	Mediciones MUESTRA 4. ....	55
Figura 29.	Mediciones MUESTRA 5. ....	55
Figura 30.	Mediciones MUESTRA 6. ....	56
Figura 31.	Mediciones MUESTRA 7. ....	56
Figura 32.	Mediciones MUESTRA 8. ....	57

Figura 33.	Mediciones MUESTRA 9. ....	57
Figura 34.	Mediciones MUESTRA 10. ....	58
Figura 35.	Mediciones MUESTRA 11. ....	58
Figura 36.	Mediciones MUESTRA 12. ....	59
Figura 37.	Mediciones MUESTRA 13. ....	59
Figura 38.	Mediciones MUESTRA 14. ....	60
Figura 39.	Mediciones MUESTRA 15. ....	60
Figura 40.	Mediciones MUESTRA 16. ....	61
Figura 41.	Mediciones MUESTRA 17. ....	61
Figura 42.	Mediciones MUESTRA 18. ....	62
Figura 43.	Mediciones MUESTRA 19. ....	62
Figura 44.	Mediciones MUESTRA 20. ....	63
Figura 45.	Mediciones MUESTRA 21. ....	63
Figura 46.	Mediciones MUESTRA 22. ....	64
Figura 47.	Mediciones MUESTRA 23. ....	64
Figura 48.	Mediciones MUESTRA 24. ....	69
Figura 49.	Mediciones MUESTRA 25. ....	65
Figura 50.	Resultados generales mano derecha. ....	66
Figura 51.	Resultados generales mano izquierda. ....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
Tabla I.	Límites de exposición recomendados.....	12
Tabla II.	Ecuaciones de Maxwell.....	13
Tabla III.	Valores de velocidad de la luz, la permeabilidad magnética.....	14
Tabla IV.	Clasificación de radiaciones.....	15
Tabla V.	Cantidades y unidades electromagnéticas.....	18
Tabla VI.	Intensidad de campos en electrodomésticos.....	28
Tabla VII.	Intensidad de campo magnético.....	29
Tabla VIII.	Espectro electromagnético.....	36
Tabla IX.	Espectro de radiofrecuencia.....	37
Tabla X.	PH sin exposición.....	45
Tabla XI.	PH expuesto a ondas electromagnéticas.....	46
Tabla XII.	Variación del pH de la piel.....	47
Tabla XIII.	Especificación del Skin pH meter.....	49
Tabla XIV.	Especificación de Narda SRM-3000.....	52
Tabla XV.	Mediciones de variación de pH.....	67

## **LISTA DE ANEXOS**

- | <b>N.</b> | <b>Descripción</b>  |
|-----------|---|
| 1         | Certificación de revisión gramatical.   |
| 2         | Gráficos del equipo utilizado para las mediciones del campo electromagnético.           |
| 3         | Gráficos del equipo utilizado para las mediciones del PH de la piel de los estudiantes. |

# INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología, ha permitido al ser humano experimentar en todos los campos, constituyéndose en uno de los principales factores para el desarrollo de la humanidad en las diferentes etapas en las que ha tenido que transitar.

En esta era gozamos de casi todas las comodidades que los seres humanos algún día pudimos imaginar, tanto en la medicina, en las comunicaciones, en la industria, en la informática, etc.

En la actualidad se diseñan nuevas técnicas, dispositivos, infraestructuras, todos los avances necesarios con el único propósito de facilitarnos las tareas diarias que realizamos.

Actualmente, un recurso fundamental para el desempeño de muchas actividades es la dependencia total de la energía eléctrica, la cual constituye el primer factor generador de las radiaciones no ionizantes (RNI) al igual que todos sus subproductos que para su funcionamiento necesiten de la energía eléctrica. Estos constituyen posibles factores de riesgos para la salud humana.

El problema sanitario de los campos electromagnéticos surge ya desde hace décadas. Sin embargo, en la actualidad la exposición a este fenómeno se ha incrementado de una manera rauda llegando a estar, en la práctica, incontrolada (cercanía al usuario, tiempo de exposición, etc.) pudiendo generar riesgos sanitarios.

Por lo que se llegó a la conclusión de que un estudio experimental con las radiaciones no ionizantes, nos podrían dar resultados que servirían como referencia para determinar si estas radiaciones de baja frecuencia afectarían en un grado significativo la salud humana.

Por esta razón se desarrolla este proyecto, para podernos plantear una opinión un poco más fiable.

El siguiente trabajo consiste en realizar un análisis a un total de 25 participantes, estudiantes de la carrera de sistemas. Se acondicionara un lugar el cual esté en condiciones normales y agradables donde el estudiante estar en contacto con RNI de baja frecuencias, en este caso el mouse, periférico de un CPU será el encargado de transmitir las ondas electromagnéticas hacia la parte anterior y posterior de la mano de evaluado.

A cada estudiante se le medirá el nivel de pH con el que se encuentra antes y después de estar en contacto con las RNI. Se realizaran los respectivos análisis tanto estadísticos y comparativos para llegar a determinar si hay una influencia significativa en el pH de la piel.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

El presente proyecto se basa en un estudio experimental de las alteraciones fisiológicas de la piel debido a la exposición de los campos electromagnéticos de baja frecuencia (LF).

#### **1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Las afectaciones de la piel debido a la exposición electromagnética no tiene un criterio claro y no existe una base científica para relacionarlo.

Existen personas que reportan que sufren de hipersensibilidad electromagnética y creen que son causados por los campos electromagnéticos producidos por aparatos eléctricos comunes de uso diario, pero actualmente la literatura científica no apoya esa relación, algunos profesionales consideran que la hipersensibilidad electromagnética es una condición física que no tiene causa clara y que en algunos aspectos puede ser psicológico.

Es por ello, que este proyecto permitirá conocer de manera científica la exposición de la piel ante las ondas electromagnéticas originas en la provincia de Santa Elena, para tener una base científica y probar dichas teorías, además, tomar medidas preventivas e informativas luego del resultado del estudio.

## **1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA**

El estudio de la exposición de los campos electromagnéticos permitió conocer de manera científica el nivel de afectación a la piel y tomar medidas sobre los resultados del estudio.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

El propósito fundamental del proyecto es poder tener un estudio teórico y experimental para medir los diferentes tipos de frecuencias y a su vez las alteraciones o cambios que ocurren en el pH de la piel, debido a que en la actualidad el uso de dispositivos electrónicos, en este caso el mouse, es una herramienta fundamentales para el uso de computadores, laptop, etc.

## **1.4. OBJETIVOS**

El objetivo consta de un objetivo general y varios objetivos específicos que se planteó en función al presente estudio.

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las alteraciones del pH de la piel por la acción de los campos electromagnéticos emitidos por los aparatos eléctricos y electrónicos (mouse).

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Medir el nivel de pH en la piel de los voluntarios antes de la exposición a las ondas electromagnéticas.
- Verificar el nivel de exposición al que está sometido el operador que manipula el mouse.

- Comparar el pH de la piel después de haberse expuesto a las ondas electromagnéticas generadas por dicho dispositivo electrónico.
- Determinar estadísticamente si existe alteración significativa del pH de la piel bajo las condiciones experimentales realizadas.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

Aquellas personas que se exponen a RNI de baja frecuencias, presentan un incremento en el pH de la piel.

### **1.5.2. HIPÓTESIS NULA**

Aquellas personas que se exponen a RNI de baja frecuencias, no presentan un incremento en el pH de la piel.

## **1.6. RESULTADOS ESPERADOS**

- El pH de la piel se incrementa cuando está expuesto a campos electromagnéticos de baja frecuencia.
- Determinación de un lugar ideal donde las RNI exteriores al área de estudio no influyan en los resultados de las mediciones.
- Determinación del grado de alteración que sufrió cada estudiante al estar expuesto.
- Evaluación de las alteraciones si son o no perjudiciales para la piel o si tienen algún efecto.

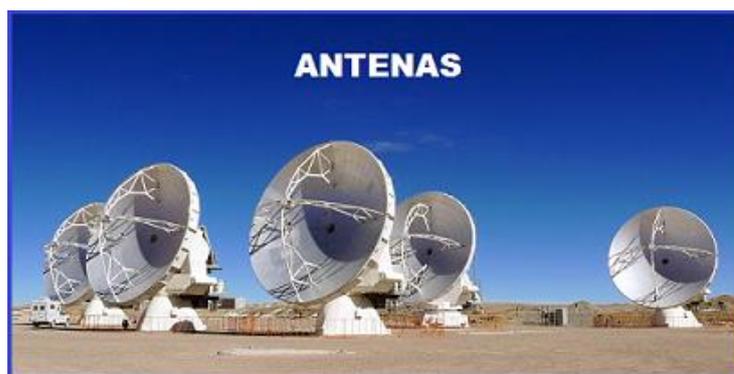
# CAPÍTULO 2

## MARCO TEÓRICO

### 2. MARCO TEÓRICO

En los actuales momentos es casi imposible que una persona no haya estado expuesta por lo menos una vez a algún tipo de radiación. Los avances tecnológicos a nivel mundial, han desencadenado en el ámbito de las telecomunicaciones, el uso de las frecuencias del medio, para llegar a obtener una mejor experiencia, seguridad, al momento de transmitir cualquier tipo de dato o información. Para ello, se han creado dispositivos tanto alámbricos como inalámbricos. Entre los más conocidos tenemos:

Antenas: Creadas con el fin de transmitir o recibir las señales que se envían desde un punto hacia otro punto, estas antenas pueden enviar señales que pueden estar conectadas tanto satelitalmente como por onda corta, las cuales tienen que estar ubicadas donde haya un punto de mira común (Cardama A, 2010).



*Figura 1. Antenas*

Fuente: <http://antenas13.blogspot.com/p/tipos-de-antenas.html>

Teléfonos móviles: En los actuales momentos son los mayores dispositivos de comunicación personal.



*Figura 2. Dispositivos móviles*

*Fuente: <http://www.taringa.net/post/celulares/18776815/Combinaciones-Secretas-de-caracteres-de-Celulares.html>*

Satélites: Forman parte de la mayor red de comunicación global a nivel mundial, estos dispositivos ofrecen las coordenadas, altitudes, magnitudes a diversos tipos de aparatos electrónicos; como por ejemplo los GPS.



*Figura 3. Satélites*

*Fuente: <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=49>*

La evolución de todos los actuales sistemas, han llevado a que la humanidad alcance un desarrollo muy elevado, con lo que alguna vez el mundo pudo imaginar.

Todos estos cambios han generado interrogantes, si estos aparatos ocasionan algún tipo de efecto riesgoso al momento de encontrarse expuesto.

## **2.1. ANTECEDENTES**

### **2.1.1. HISTÓRICOS**

Las teorías de la propagación de ondas se utilizaron por primera vez por James Clark Maxwell. Heinrich Rudoft Hertz, fue el científico quien evaluó la teoría de Maxwell.

Cuando se utilizó por primera vez esta teoría fueron algunos científicos:

Alejandro Stepánovich Popov, Nikola Tesla y Guillermo Marconi. Estos tres científicos experimentales comenzaron hacer las primeras demostraciones sobre la propagación de ondas.

En 1901 se realizó el primer sistema practico de comunicación elaborado por Guillermo Marconi.

En la actualidad se puede constatar que los sistemas de radio, están en casi todos los tipos de comunicaciones, tanto en al redes inalámbricas, como en los dispositivos móviles.

Actualmente, las ondas electromagnéticas que generan todo los aparatos que funcionan con energía eléctrica están en todas partes, en los hogares, en los trabajos y por ser invisibles se piensa que no podría estar siendo afectados (Hayt W, 2012)

### **2.1.2 LEGALES**

En el Ecuador existen entidades gubernamentales encargadas de controlar y visualizar que se cumplan con las normas en lo que concierne al control de los campos electromagnéticos, a continuación se detallan las entidades encargadas del mismo y el rol que cumplen en el país.

### **Ministerio del Ambiente.**

El ministerio del Ambiente, es el encargado en velar por un ambiente sano, el respeto que se tiene que tener por la naturaleza. Este ministerio garantizará que el desarrollo de nuestro país se apegue a todas las normas establecidas, y que nos aseguren que todo lo que se cree no afecte a nuestras futuras generaciones.

Es el organismo que estudia, regulariza y administra todo el espectro electromagnético, para que las compañías que forman parte del grupo de las telecomunicaciones puedan operar sin faltar a ninguna norma, que pueda llegar afectar al equilibrio de nuestro ambiente. En estas normas también están incluidas las radiaciones no ionizantes de baja frecuencia 60Hz.

La resolución del Ministerio del ambiente del 14 de Marzo del 2007 publicada en el registro oficial N° 155, detalla lo concerniente a los estudios y las investigaciones de las radiaciones no ionizantes de baja frecuencia de 60Hz, donde indica que el único órgano encargado del estudio de estas frecuencias es la CONELEC que se rige bajo el mando de la SUPERTEL. Esta entidad es la encargada de recibir los informes que envía el CONELEC, para determinar y evaluar los resultados sobre los campos electromagnéticos y campos eléctricos. Cuando están analizados estos informes, se determinan las normas, para disminuir el impacto de los CEM (Ministerio del Ambiente, 2007)

### **Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones.**

La Superintendencia de Telecomunicaciones, SUPERTEL, fue creada en Agosto de 1992, como resultado de la aprobación de la Ley Especial de Telecomunicaciones. Su objetivo es vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico para que se proporcione con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general.

### **Ministerio de Salud.**

El ministerio de salud es la encargada de ejercer la rectoría, regulación, planificación, coordinación, control y gestión de la Salud Pública ecuatoriana.

Este organismo, analiza que todos los proyectos que se implementen tanto por el organismo público como privado no afecten de ninguna manera a la salud de los ecuatorianos.

Ayuda a evitar posibles enfermedades que puedan ser generadas, en este caso por las RNI, emitidas en el ambiente.

### **ICNIRP (comisión internacional de protección de radiaciones no ionizantes)**

La ICNIRP ofrece asesoramiento y orientación científica sobre los efectos sanitarios y ambientales de las radiaciones no ionizantes (RNI) para proteger a las personas y el medio ambiente de la exposición NIR perjudicial. La radiación no ionizante se refiere a la radiación electromagnética como la luz ultravioleta, luz, infrarrojos y las ondas de radio y ondas mecánicas tales como infraestructura y ultrasonido. En la vida diaria, las fuentes comunes de NIR incluyen el sol, electrodomésticos, teléfonos móviles, Wi-Fi, y hornos de microondas.

Dentro del espectro electromagnético, NIR se encuentra por debajo de la banda de la radiación ionizante, que incluye radiografías. NIR tiene menos energía que la radiación ionizante y no puede eliminar electrones de los átomos, es decir, NIR no puede ionizar (excepto por parte de la banda UV). NIR es sub-agrupados en diferentes bandas de frecuencia o longitud de onda. Los diferentes subgrupos tienen diferentes efectos en el cuerpo y requieren diferentes medidas de protección. ICNIRP da recomendaciones sobre la limitación de la exposición a las frecuencias de los diferentes subgrupos NIR. Desarrolla y publica directrices, declaraciones y opiniones utilizados por los organismos de protección radiológica regionales, nacionales e internacionales, como la Organización Mundial de la Salud. ICNIRP es un contribuyente principal al diálogo NIR científica internacional y el avance de la protección NIR. ICNIRP es independiente de los intereses comerciales,

nacionales y creados. Miembros de la ICNIRP no representan sus países de origen ni su instituto. Ellos no pueden mantener una posición de trabajo o de tener otros intereses que comprometan su independencia científica. ICNIRP no recibe dinero de la industria, su financiación proviene de las subvenciones otorgadas por instituciones públicas nacionales e internacionales.

### **¿Quién decide cuáles son los límites recomendados?**

Cada país es el encargado de establecer sus propias normas sobre el control a las exposiciones de los campos electromagnéticos. Las mayorías de las normas nacionales se basan en las recomendaciones que indica la Comisión Internacional de Protección contra los efectos de las Radiaciones No Ionizantes. Esta institución no gubernamental, es reconocida formalmente por la Organización Mundial de la salud (OMS, 2001).

Esta comisión revisa, analiza y evalúa todos experimentos científicos que se realizan a nivel mundial. También elaboran directrices que son actualizadas periódicamente para su efectiva aplicación.

La relación entre la intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia es compleja. Si se comenzara hacer un estudio de todos los valores de las normas existentes que regulan las frecuencias sería muy complicado de entender.

El siguiente cuadro realiza un resumen sobre los temas con mayor preocupación en la emisión de las ondas electromagnéticas, las cuales son producidas dentro de los hogares, las compañías de telecomunicaciones y en especial, las ondas que son producidas por los aparatos eléctricos, por ejemplo el horno microondas.

## Resumen de los límites de exposición recomendados por la ICNIRP.

Frecuencia	Frecuencia de la red eléctrica europea 50 Hz	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil 50 Hz	Frecuencia de los hornos de microondas 900 MHz	1,8 GHz	2,45 GHz
	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μT)	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )	Densidad de potencia (W/m <sup>2</sup> )
Límites de exposición para la población	5 000	100	4,5	9	10
Límites de exposición ocupacionales	10 000	500	22,5	45	

Tabla I. Límites de exposición recomendados ICNIRP

Fuente: ICNIRP. CEM Guidelines (1998).

En Europa y parte de la ex Unión Soviética, los factores de regulación se exceden en un porcentaje de 100. Con la globalización y alto crecimiento de las tecnologías en la comunicación, se han tenido la necesidad de crear normas universales. Las nuevas normas que se pudieran adoptar se basaran en los resultados de los proyectos sobre campos electromagnéticos manejados por la OMS.

### 2.2. BASES TEÓRICAS

A continuación se detallan las bases teóricas en las que respaldan y complementan el estudio del proyecto.

#### 2.2.1 ¿QUÉ SON LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS?

La relación que existe entre el campo electromagnético y el voltaje, es inversamente proporcional, entre mayor sea el voltaje mayor será el campo que este genere.

Estos campos se originan en las corrientes eléctricas. Aunque nos exista corriente igual se está generando un campo eléctrico. El campo magnético generado cambia

dependiendo del consumo que se realiza pero la fuerza de este campo siempre será igual.

## Ecuaciones de Maxwell

Las ecuaciones de Maxwell son un conjunto de cuatro ecuaciones que describen por completo los fenómenos electromagnéticos. La gran contribución de James Clerk Maxwell fue reunir en estas ecuaciones largos años de resultados experimentales, debido a Coulomb, Gauss, Ampere, Faraday y otros, introduciendo los conceptos de campo y corriente de desplazamiento, y unificando los campos eléctricos y magnéticos en un solo concepto: el campo electromagnético (Cheng K, 2004)

Nombre	Forma diferencial	Forma integral
Ley de Gauss:	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$
Ley de Gauss para el campo magnético:	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
Ley de Faraday:	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$
Ley de Ampère generalizada:	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{j} \cdot d\vec{s} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}$

Tabla II. Ecuaciones de Maxwell

Fuente: Las ecuaciones de Maxwell

Estas cuatro ecuaciones junto con la fuerza de Lorentz son las que explican cualquier tipo de fenómeno electromagnético. Una fortaleza de las ecuaciones de Maxwell es que permanecen invariantes en cualquier sistema de unidades, salvo de pequeñas excepciones, y que son compatibles con la relatividad especial y general (Cheng K, 2004).

Además Maxwell descubrió que la cantidad era simplemente la velocidad de la luz en el vacío, por lo que la luz es una forma de radiación electromagnética. Los

valores aceptados actualmente para la velocidad de la luz, la permitividad y la permeabilidad magnética se resumen en la siguiente tabla:

Símbolo	Nombre	Valor numérico	Unidad de medida SI	Tipo
$c$	Velocidad de la luz en el vacío	$2.998 \times 10^8$	metros por segundo	definido
$\epsilon_0$	Permitividad	$8.854 \times 10^{-12}$	faradios por metro	derivado
$\mu_0$	Permeabilidad magnética	$4\pi \times 10^{-7}$	henrios por metro	definido

Tabla III. Valores de la velocidad de la luz, la permitividad y la permeabilidad magnética

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/5416887/>

### Fuentes naturales de campos electromagnéticos

La generación de los campos electromagnéticos también se manifiestan por el resultado de fuerzas naturales que no pueden ser visibles por el ojo humano. Entre las principales están las generadas por la acumulación de cargas en distintas zonas de la atmosfera por el efecto que varía en las tormentas eléctricas (Becker R, 1998).

Otro ejemplo, que podemos observar es la orientación de las agujas de los compases que son orientadas de Norte-Sur esto se origina gracias al campo electromagnético que produce la tierra.



Figura 4. Campos Magnéticos Naturales

Fuente: [http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/publi/feria\\_ciencia08/magnetismo](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/publi/feria_ciencia08/magnetismo)

### Campos electromagnéticos generados por el hombre

No solo se originan fuentes electromagnéticas de manera natural. El hombre ha tenido la obligación de crear distintas fuentes electromagnéticas, para poder

satisfacer sus necesidades. Entre las principales tenemos: en la medicina, en la industria, en las telecomunicaciones (Becker R, 1998).

## CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LONGITUD Y FRECUENCIA DE LAS ONDAS.

### DIFERENTES TIPOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Los campos electromagnéticos se caracterizan principalmente por su frecuencia o la correspondiente longitud de onda.

Las ondas electromagnéticas son ondas que se desplazan a la velocidad de la luz y su frecuencia describe el número de oscilaciones por segundo, mientras que la longitud de onda se refiere a la distancia que existe entre una onda y otra.

Las ondas electromagnéticas cuando se desplazan a una velocidad mayor, esto significa que aumenta su frecuencia, las longitudes de onda cada vez se hacen más cortas.

### DIFERENCIA ENTRE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS NO IONIZANTES Y LA RADIACIÓN IONIZANTE.

← FRECUENCIA →	
CAMPOS ELECTRICOS (ALTA TENSION)	ONDAS DE RADIO
MICROONDAS RADAR F.L.T.V.	INFRARROJO
VISIBLE	ULTRAVIOLETA
RAYOS X	RAYOS GAMMA
RAYOS COSMICOS	
<b>NO IONIZANTES</b>	<b>IONIZANTES</b>

Tabla IV.: Clasificación de radiaciones ionizantes y no ionizantes

Fuente: <http://recursos.cepindalo.es/moodle/>

Dentro del espectro electromagnético se pueden localizar radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Una característica de los campos electromagnéticos constituye su onda y su frecuencia con las cuales está trabajando.

Las partículas que se denominan cuantos de luz, son la encargadas de transportar todas las ondas electromagnéticas. Estas partículas transportan mayor energía cuando la frecuencia es más alta (Jackson J, 1975).

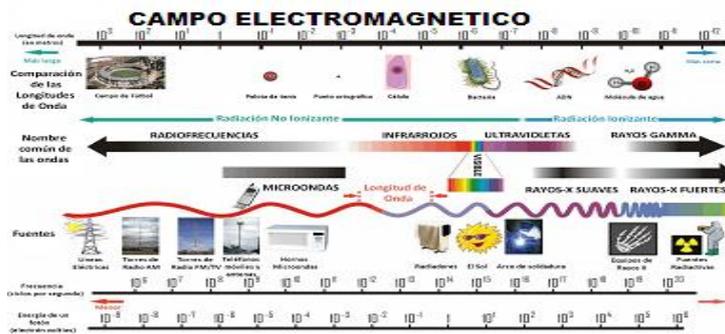


Figura 5. Campos Magnéticos

Fuente: <http://www.habitatsaludable.es/iprotect-textil-contraelectrosmog/que%3%A9-es-el-electrosmog/>

## CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FRECUENCIAS BAJAS

La presencia de cargas eléctricas en los campos electromagnéticos ejercen fuerzas dentro del campo, las cargas eléctricas que se encuentran en estos campos pueden ser positivas o negativas.

La unidad que mide la intensidad de un campo electromagnético es el voltio por metro.

Los conductores eléctricos, son muy eficaces al momento de proporcionarnos una protección contra los campos electromagnéticos.

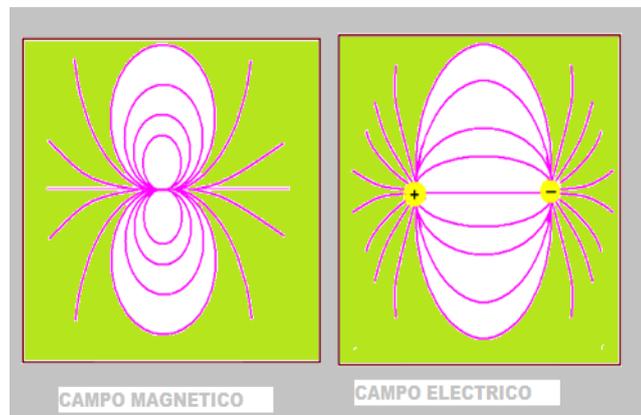
Otros materiales, como los de construcción, los árboles, las paredes ofrecen una protección mínima contra el impacto de las ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se crean por el movimiento continuo de las cargas eléctricas. La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro, aunque en estudios científicos, que se han realizado, los expertos utilizan una unidad conocida como densidad de flujo (microteslas).

Los campos magnéticos solo se generan cuando un aparato comienza a trabajar, mientras tanto solo se está generando un campo eléctrico (wangsness R, 1990).

### **Campos eléctricos**

La intensidad de los campos eléctricos es mucho menor que la intensidad de los campos magnéticos. Puede existir un campo eléctrico, así el dispositivo no esté en funcionamiento, al contrario de los campos magnéticos que solo se producen cuando el aparato comienza a funcionar.



*Figura 6. Campos Magnéticos*

*Fuente: <http://alee-franco.blogspot.com/2012/11/httpwww.html>*

CANTIDAD	SIMBOLO	UNIDAD
Conductividad	$\sigma$	Siemens por metro (S/m)
Corriente	I	Amperio (A)
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	$f$	Hertzio (Hz)
Intensidad de campo eléctrico	E	Voltio por metro (V/m)
Intensidad de campo magnético	H	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	B	Tesla (T)
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henrio por metro (H/m)
Permisividad	$\epsilon$	Faradio por metro (F/m)
Densidad de potencia	S	Vatio por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica	SA	Julio por kilogramo (J/kg)
Tasa de absorción específica	SAR	Vatio por kilogramo (W/kg)

Tabla V: Cantidades y Unidades Electromagnéticas

Fuente: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112013000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112013000200002&script=sci_arttext)

A frecuencias inferiores a 300 MHz aproximadamente, los campos se cuantifican en términos de intensidad de campo eléctrico (E) e intensidad de campo magnético (H). E se expresa en voltios por metro (V/m) y H en amperios por metro (A/m).

Ambos son campos vectoriales: se caracterizan por la magnitud y dirección en cada punto. En el intervalo de baja frecuencia, el campo magnético suele expresarse en términos de densidad de flujo, B, por medio de la unidad SI denominada tesla (T).

Al hablar de los campos de nuestro entorno diario, suele preferirse como unidad el submúltiplo microtesla ( $\mu$ T). En algunos textos, la densidad de flujo se expresa en gauss (G),

El término radiación significa simplemente energía transmitida por ondas. Las ondas electromagnéticas son ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas, cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. Todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa. Estos fenómenos fueron descritos en 1865 por J.C.

Maxwell en cuatro ecuaciones que ahora se conocen como ecuaciones de Maxwell (Allen S, 2011).

**¿En qué se diferencian los campos estáticos de los campos variables en el tiempo?**

Los campos magnéticos estáticos, son originados por todos los medios que funcionan con la corriente continua, esta corriente siempre fluye en un solo sentido.

El campo magnético de la tierra, también tiene un campo magnético estático.



*Figura 7. Campos Estáticos*

*Fuente: <http://es.slideshare.net/dianagalun/tecnologas-emergentes-campos-magneticos>*

Al contrario, las corrientes alternas, forman campos electromagnéticos variables en el tiempo.

En Europa la corriente alterna, tiene cambios de 50 ciclos por segundo.

## **PRINCIPALES FUENTES DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**

Los campos electromagnéticos se divide en:

### **Campos de baja frecuencia**

Estos campos son los generados por la corriente eléctrica, que operan en una frecuencia de no mayor a 300 Hz. Esta frecuencia es extremadamente baja y trabaja en la mayoría de los aparatos eléctricos, que se encuentran en el hogar (Paz A, 2013).

### **Campos de frecuencia intermedia**

Estas tecnologías trabajan en un rango de frecuencia que esta entre 300 Hz a los 10 MHz. Como ejemplo podemos indicar las torres que nos sirven para las compañías de telecomunicaciones (Paz A, 2013).

### **Campos de frecuencias altas**

Son los dispositivos que se encuentran trabajando en rangos de frecuencia entre los 10 MHz a 300 GHz.

En la actualidad, las empresas de telecomunicaciones son la que utilizan frecuencias con amplitudes más largas, para poder abarcar más terrenos y llevar la información a un lugar más distante.

El impacto de todas las tecnologías, que trabajan en diferentes tipos de frecuencias, podría afectar de alguna manera a la salud de los seres humanos.

En las frecuencias de radio, los campos eléctricos y magnéticos están relacionados principalmente por la densidad de su potencia.

En la actualidad, todos estamos inmiscuidos con algún aparato electrónico, sin saber que este de alguna manera nos está enviando un campo magnético que podría afectar nuestra salud.

### **¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?**

Desde el siglo xx la exposición a los campos electromagnéticos ha aumentado, conforme la humanidad, cada día se ha hecho más dependiente de la electricidad.

Los avances tecnológicos, en todos los ámbitos, han generado el incremento de fuentes superficiales que originan los campos electromagnéticos (Paz A, 2013).



*Figura 8. Influencia de Campos Magnéticos*

*Fuente: <http://synapsisrelaxmagnetic.blogspot.com/>*

Todos los seres humanos, nos encontramos expuestos a diferentes tipos de impactos ocasionados por los campos electromagnéticos, estos impactos los podemos tener ya sea en el hogar, en el trabajo, en el ambiente. No es de alarmarse, pero en nuestros hogares en donde más estamos en contacto con todo tipo de ondas electro magnéticas, que podrían estar afectándonos (Costa J, 2006).

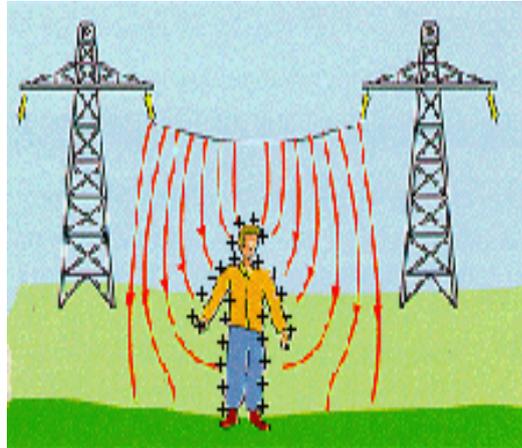
En nuestro organismo se crean alteraciones diminutas, ocasionadas por las reacciones químicas que se producen por los comportamientos corporales de nuestro cuerpo.

Tenemos nervios que producen algún tipo de corriente eléctrica cuando estos están emitiendo alguna señal hacia nuestro cerebro.

Todo nuestro organismo, funciona por medio de procesos, los cuales pueden generar reacciones eléctricas, por ejemplo.

- Las pulsaciones de nuestro corazón
- Las actividades cerebrales
- Los movimientos de nuestros nervios
- Los estímulos a nuestro cuerpo

Los humanos al estar expuestos a campos electromagnéticos de baja frecuencia, estamos alterando el correcto funcionamiento de nuestro organismo. En el interior se puede estar afectando a nuestros músculos o a nuestros nervios.



*Figura 9. Campos Magnéticos*

*Fuente: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index1.html>*

Tanto los campos magnéticos como los campos eléctricos producen tensiones en nuestro organismo, que incluso no es necesario que una persona tenga que tocar un medio por donde está pasando energía, para estar siendo afectado por estos campos. Solo estando a una distancia no tan cercana ya nuestro cuerpo puede estar siendo afectado por los campos electromagnéticos (Johnk T, 2004).



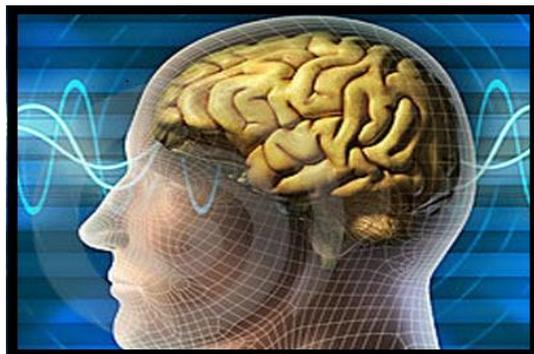
*Figura 10. Campos Magnéticos*

*Fuente: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index1.html>*

El calentamiento que originan los campos electromagnéticos es el principal factor biológico que nos puede estar afectando a los seres humanos. Este efecto lo podemos encontrar en los aparatos eléctricos como el horno microondas que nos sirve para calentar alimentos (Smith A, 2000)

Los niveles a los que las personas están expuestas, son muy por debajo de las ondas a las cuales podrían producir un calentamiento importante.

Estudios realizados sobre campos electromagnéticos nos han indicado que no solo una persona puede estar en riesgo de sufrir algún tipo de desequilibrio en la salud si está expuesto a ondas de frecuencias altas, también puede sufrir algún tipo de efecto negativo en la salud si está expuesto a ondas de frecuencias bajas pero por un tiempo más prolongado (Smith A, 2000).



*Figura 11. Campos Magnéticos*

*Fuente: <http://www.experientiadocet.com/2011/10/los-campos-magneticos-estaticos-afectan.html>*

### **El Proyecto Internacional CEM**

La Organización Mundial de la Salud, inicio el proyecto CEM, que se encarga de los estudio sobre todo lo que tiene que ver con los campos electromagnéticos. Este organismo aporto con todos los recursos necesarios para poder llegar a la conclusión si las ondas electromagnéticas están afectando la salud humana.

En 1996 reunió a todos los científicos y las organizaciones que abarcan el ámbito de las telecomunicaciones, radio, dispositivos móviles.



*Figura 12. Campos Magnéticos*

*Fuente: OMS, Proyecto CEM*

### **Resultados de la investigación**

En los últimos 30 años, se publicaron aproximadamente 25000 artículos sobre las posibles repercusiones que pueden traer consigo las radiaciones no ionizantes.

Luego de las investigaciones y los proyectos que la OMS elaboro para poder llegar a determinar si las radiaciones y las ondas electromagnéticas, se determinó que no eran suficiente las investigaciones realizadas, por lo que concluyó que no se podía dar una opinión a favor de la salud humana. Esto llevo a concluir que se tienen que realizar más investigaciones (OMS, 2007).

### **Posibles problemas en la salud por la exposición a las ondas electromagnéticas.**

Existen personas que indican que al haber estado expuesto a las ondas electromagnéticas por un periodo largo, han generado diferentes tipos de síntomas:

- Fatigas
- Náuseas
- Dolores de cabeza
- Ansiedad
- Suicidios
- Depresiones
- Problemas en el sistema nervios
- Pérdida de memoria

La OMS y diversos organismos han evaluado un sin número de fuentes y exposiciones a los campos electromagnéticos en el uso del hogar y del trabajo, como están las computadoras, dispositivos eléctricos y electrónicos. El estudio llegó a la conclusión de que una persona que está embarazada y se somete a radiaciones no ionizantes no ha presentado ningún síntoma de aborto o de algún problema con la salud del niño y de la madre.

Si ha habido ciertos casos en los cuales el niño sale con peso muy debajo de lo normal y de partos prematuros, pero los científicos no le han dado valor a este tipo de factores, puesto que no lo relacionan con una posible causa que tenga que ver con las radiaciones no ionizantes.

### **Cataratas**

Se han informado de problemas en la vista como irritación ocular, principalmente a trabajadores que están expuestos a periodos largos y niveles altos de radiación.

Se hicieron estudios con animales para determinar si esos problemas eran causa de las radiaciones, pero los animales no presentaron ningún problema por lo que no se pudo determinar que estas radiaciones ocasionen problemas en la vista (OMS, 2007).

### **Campos electromagnéticos y cáncer**

Aunque se ha hecho un sin número de investigaciones para determinar si hay efectos cancerígenos cuando nos exponemos a las radiaciones, los resultados hasta la fecha no tienen un veredicto positivo o negativo.

No se ha podido determinar los efectos puesto que si se llegara a obtener algún resultado que nos indique que hay un factor de riesgo cancerígeno, este resultado sería muy pequeño (OMS, 2007).

Se han hecho estudios epidemiológicos para saber si hay un porcentaje aunque sea mínimo de efecto en la leucemia infantil cuando están expuestos a campos magnéticos.

### **Depresión debido a los campos electromagnéticos**

Algunas personas afirman que tienen problemas de hipersensibilidad cuando se encuentran expuestas a los campos electromagnéticos. Ellos presentan síntomas que están asociados con problemas como falta de sueño, dolores de cabeza, estado de cansancio y problemas para dormir.

No existen estudios científicos que apoyen la posible causa de hipersensibilidad a las fuentes que originan radiaciones o campos electromagnéticos.

Se han realizado estudios en los países de la parte norte de Europa, los cuales indican que las personas que están expuestas a estos campos en una medida adecuada no presentan síntomas de depresión (OMS, 2007).

### **Campos electromagnéticos en el hogar**

En el hogar todas las familias disponen de por lo menos un aparato que funcione con electricidad, con este aparato ya se está generando un campo magnético muy poco significativo, que no se sabe si podría ocasionar algún tipo de problema en la salud humana.

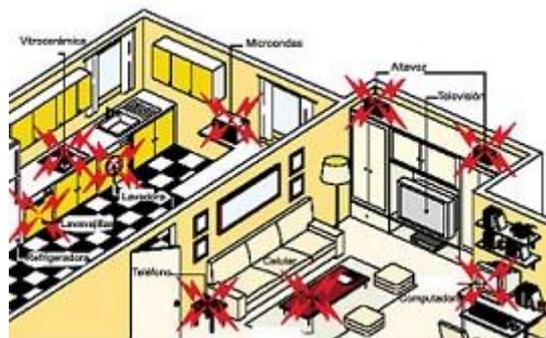


Figura 13. Campos Magnéticos en el hogar

Fuente: <http://notiultimas.com/>

Las mayoría de las casa se ubican a una distancia que oscila entre 50 a 100 m. lo cual ayuda a que la intensidad no cheque tan agresivamente y que llegara a ocasionar algún tipo de problema sanitario.

### **Aparatos eléctricos en el hogar**

La ubicación de cada aparato eléctrico en el hogar, cumple un papel muy importante al momento de evaluar si en ese lugar se estuviesen presentando algún tipo de problema en la salud.

Una distancia común entre un usuario que ocupe algún tipo de aparato electrónica es de 30 cm, lo cual no ayuda a poder determinar que si no se reflejan problemas podríamos suponer que esa distancia es muy favorables para no padecer algún inconveniente (Alonso M, 2011).



*Figura 14. Horno Microondas.*

*Fuente: Diseño de tesis*

Existen personas que se sorprenden cuando reparan en la diversidad de las intensidades de los campos magnéticos presentes en el entorno de diversos aparatos eléctricos. La intensidad no se basa del tamaño, complejidad, potencia o ruido que hace el aparato eléctrico.

Las intensidades de los campos electromagnéticos varían demasiado, incluso cuando se está midiendo un aparato eléctrico con características similares. Por

ejemplo, algunos secadores de pelo generan campos muy intensos, mientras que otros apenas producen campo magnético alguno.

Estas diferencias de intensidad del campo magnético están relacionadas con el diseño del producto. El siguiente cuadro muestra valores típicos correspondientes a diversos aparatos eléctricos comunes en los hogares y lugares de trabajo. Las mediciones se tomaron en Alemania y todos los aparatos funcionan con electricidad a 50 Hz de frecuencia. Debe señalarse que los niveles de exposición efectivos varían considerablemente dependiendo del modelo de electrodoméstico y de la distancia al mismo (Alonso M, 2011).

**Intensidades del campo magnético típicas de algunos electrodomésticos a diversas distancias.**

Los valores que se muestran en el siguiente esquema, son valores que están muy debajo del nivel normal de RNI permitidos que nuestro cuerpo puede recibir sin causar ningún daño.

Electrodoméstico      Intensidad del campo eléctrico (V/m)

<i>Receptor estereofónico</i>	<i>180</i>
<i>Hierro</i>	<i>120</i>
<i>Frigorífico</i>	<i>120</i>
<i>Batidora</i>	<i>100</i>
<i>Tostadora</i>	<i>80</i>
<i>Secador de pelo</i>	<i>80</i>
<i>Televisor de color</i>	<i>60</i>
<i>Cafetera eléctrica</i>	<i>60</i>
<i>Aspiradora</i>	<i>50</i>
<i>Horno eléctrico</i>	<i>8</i>
<i>Bombilla</i>	<i>5</i>
<i>Valor límite recomendado</i>	<i>5000</i>

*Tabla VI: Intensidades de Campos en electrodoméstico.*

*Fuente: Diseño de tesis*

En la mayoría de los electrodomésticos, la intensidad del campo magnético a una distancia de 30 cm es considerablemente inferior al límite recomendado para el conjunto de la población de 100  $\mu\text{T}$ .

Aparato eléctrico	A una distancia de 3 cm ( $\mu\text{T}$ )	A una distancia de 30 cm ( $\mu\text{T}$ )	A una distancia de 1 m ( $\mu\text{T}$ )
Secador de pelo	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,03
Máquina de afeitar eléctrica	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,03
Aspiradora	200 – 800	2 – 20	0,13 – 2
Luz fluorescente	40 – 400	0,5 – 2	0,02 – 0,25
Horno de microondas	73 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Radio portátil	16 – 56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1 – 50	0,15 – 0,5	0,01 – 0,04
Lavadora	0,8 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Hierro	8 – 30	0,12 – 0,3	0,01 – 0,03
>Lavavajillas	3,5 – 20	0,6 – 3	0,07 – 0,3
Computadora	0,5 – 30	< 0,01	
Frigorífico	0,5 – 1,7	0,01 – 0,25	<0,01
Televisor de color	2,5 - 50	0,04 – 2	0,01 – 0,15

Tabla VII: Intensidad de campo magnético.

Fuente: Oficina federal alemana de seguridad radiológica.

La tabla VI nos indica los diferentes tipos de intensidades en los principales aparatos eléctricos y electrónicos que se tienen en un hogar.

El secador de pelo nos da como resultado que estando a una distancia de 3 cm, el factor de impacto esta entre 6 a 2000  $\mu\text{T}$ , a una distancia de 30 cm el factor esta entre 0.01 a 7  $\mu\text{T}$  y a una distancia de 1 m el rango esta entre 0.01 a 0.03  $\mu\text{T}$  (seguridad radiológica alemana, 2009).

Otro aparato también importante porque se utiliza en mayor tiempo es el horno microondas, este aparato nos brinda una intensidad de campo magnético a una distancia de 3 cm de 73 a 200  $\mu\text{T}$ , a una distancia de 30 cm un rango de 4 a 8  $\mu\text{T}$  y a una distancia de 1 m el aparato nos da unos valores que están entre 0.25 a 0.6  $\mu\text{T}$ .

Resultados más generales indican que a una mayor distancia de las ondas electromagnéticas, los niveles de intensidad disminuyen considerablemente.

### **Televisores y pantallas de computadora**

Estos dispositivos electrónicos muy cotidianos en nuestros hogares, forman parte de un grupo de aparatos eléctricos, los cuales podrían generar algún tipo de efecto no deseable.

Puesto que en muchas ocasiones se mantiene una relación directa con estos dispositivos por tiempos muy prolongados, que en ocasiones generan cansancio, fatiga, dolor en los ojos. Estos síntomas podrían estar generados por el uso constante o por la influencia de los campos electromagnéticos que ellos producen (Huisobro J, 2010).

A una distancia moderada que está entre los 30 a 50 cm la densidad de campo es muy inferior a los  $0.7 \mu\text{T}$ . Los valores de las intensidades están entre  $1 \text{ V/m}$  a  $10 \text{ V/m}$ .



*Figura 15. TV LED  
Fuente: diseño de tesis.*

### **Teléfonos portátiles**

Estos teléfonos a diferencia de los dispositivos móviles, trabajan en rangos más cortos, por lo que las ondas son más pequeñas (Huisobro J, 2010).



*Figura 16. Celular*

*Fuente: diseño de tesis*

### **Campos electromagnéticos en el medio ambiente**

#### **Radars**

Estos tipos de dispositivos se utilizan para medir las longitudes, latitudes, distancias, velocidades en equipos que pueden estar en movimiento o no.

#### **Televisión y radio**

Las señales de radio se pueden describir como de modulación de amplitud (AM, en inglés) o de modulación de frecuencia (también llamada frecuencia modulada o por las siglas en inglés, FM) dependiendo de la forma de transmisión de la información. Las señales de radio de AM se pueden utilizar para la difusión a distancias muy largas, mientras que las ondas de FM abarcan zonas menores pero pueden proporcionar una mejor calidad de sonido (Huisobro J, 2010).

Este tipo de señales AM se encuentran colocados en lugares casi inaccesibles para la población. Solo cierto tipo de persona es la autorizada para el ingreso hacia estas antenas, lo que genera un riesgo especialmente para los trabajadores directos y no para el resto de la población.



*Figura .17. Tv*

*Fuente: diseño de tesis*

## **ORGANIZACIONES INTERNACIONALES CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES**

### **Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)**

La ICNIRP es una comisión científica independiente creada por la Asociación Internacional de Protección contra la Radiación (IRPA) para fomentar la protección contra la radiación no ionizante (RNI) en beneficio de las personas y del medio ambiente. Proporciona orientación científica y recomendaciones sobre protección contra la exposición a RNI, elabora directrices y límites internacionales de exposición a RNI independientes y con fundamento científico y representa a los profesionales de la protección contra la radiación de todo el mundo mediante su estrecha relación con la IRPA.

La ICNIRP es la organización no gubernamental oficialmente reconocida por la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para asuntos relativos a RNI.

### **Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer**

La Unidad de Radiación y Cáncer del CIIC estudia los efectos cancerígenos de las radiaciones en función del patrón de exposición, el tipo de radiación y los factores

modificadores de los efectos dependientes del huésped y del medio. El objetivo de este trabajo es reforzar los fundamentos de la protección contra la radiación y mejorar los conocimientos sobre los mecanismos biológicos de la oncogénesis.

La principal actividad de la unidad en el campo de los CEM es la realización del INTERPHONE Study, un estudio multinacional de casos y testigos sobre el riesgo de tumores cerebrales, neurinoma del estatoacústico y tumores de las glándulas parótidas asociado a la exposición a los campos de radiofrecuencia procedentes de teléfonos móviles (ICNIRP, 2008)

### **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)**

El PNUMA encabeza y promueve la cooperación para el cuidado del medio ambiente, inspirando, informando y capacitando a pueblos y naciones para la mejora de la calidad de vida sin comprometer la de las generaciones futuras. El PNUMA ha colaborado en la elaboración de monografías sobre criterios de salubridad ambiental relacionados con los campos electromagnéticos.

### **Organización Internacional del Trabajo (OIT)**

El cometido de la OIT es la promoción de la justicia social. Es una organización tripartita, en cuyo trabajo participan los representantes de trabajadores y empresarios en condiciones de igualdad con los representantes de los gobiernos. Una de las características principales de la OIT es su actividad de normalización. Existen unos sesenta convenios y recomendaciones internacionales relativos a la protección de los trabajadores contra los peligros ocupacionales.

La OIT ha publicado, en la Serie sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, diversas guías y manuales relacionados con la protección en el trabajo de los trabajadores expuestos a campos electromagnéticos. El objetivo de la participación de la OIT en el proyecto es fomentar la aplicación de los principios incorporados en los convenios y recomendaciones internacionales sobre el trabajo pertinentes y asegurar la participación de las organizaciones patronales y de trabajadores en la ejecución del proyecto, de manera que los resultados del mismo reflejen de forma

adecuada las necesidades de los trabajadores. Se espera la colaboración de la OIT a nivel del secretariado y en ciertas publicaciones del proyecto seleccionadas con carácter especial (ICNIRP ,2008).

### **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**

La UIT fomenta el desarrollo y la operación eficiente de las instalaciones de telecomunicaciones. Como organización internacional responsable de asesorar a los gobiernos nacionales y a la industria en materias relativas a las telecomunicaciones, la UIT conoce la controversia sobre los posibles efectos sobre la salud de los CEM y ha creado un comité de trabajo (ITU-T Study Group 5) para recopilar información de interés sobre esta materia. La UIT dispone de abundante información sobre sistemas de comunicaciones actuales y futuros que será de gran utilidad para el Proyecto CEM (ICNIRP ,2008).

### **Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)**

Fundada en 1906, la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) es la organización internacional que elabora y publica normas internacionales sobre todas las tecnologías relacionadas con la electrotecnia y la electrónica. La misión de la CEI es fomentar, por medio de sus miembros, la cooperación internacional en todas las cuestiones de normalización electrotécnica y disciplinas asociadas, como la evaluación de la conformidad con las normas.

Los estatutos de la CEI engloban a todas las tecnologías electrotécnicas, incluida la electrónica, el magnetismo y electromagnetismo, la electroacústica, las tecnologías multimedia, las telecomunicaciones y la producción y distribución de energía, así como las disciplinas generales relacionadas como la terminología y simbología, compatibilidad electromagnética, medición y rendimiento, confiabilidad, diseño y desarrollo, seguridad y medio ambiente (ICNIRP ,2008).

## **Organización del Tratado del Atlántico Norte**

La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) tiene una «Tercera Dimensión» cuyo fin es fomentar la interacción entre los pueblos, estudiar los retos a los que se enfrenta la sociedad moderna e impulsar el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La OTAN fomenta y apoya de forma continua proyectos científicos sobre los efectos de la radiación no ionizante (RNI) en el personal. Hay actualmente dos grupos de trabajo de la Agencia militar de normalización (MAS) de la OTAN que trabajan en el desarrollo de normas de seguridad para la protección del personal. Tanto el Grupo de Trabajo sobre aspectos médicos generales como el de peligros relacionados con la radio y los radares han reconocido la necesidad de continuar investigando y comunicando los conocimientos científicos sobre los efectos biológicos y sobre la salud de la RNI; en junio de 1997 establecieron relaciones de forma oficial con el Proyecto CEM de la OMS.

El Panel sobre factores humanos y medicina AC/323 de la Organización de Investigación y Tecnología (R&T O) de la OTAN comenzó en septiembre de 1997 un proyecto de tres años sobre los efectos sobre la salud de la radiación no ionizante en el escenario militar. La composición multinacional del Proyecto CEM de la OMS y de las actividades de la OTAN sobre RNI debería fomentar la interacción internacional y facilitar la coordinación de las agendas de investigación sobre RNI (ICNIRP ,2008).

### **2.2.2 ¿QUÉ SON LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS?**

Los campos electromagnéticos son señales invisibles que se generan cuando un dispositivo se encuentra cargado eléctricamente.

Estos campos se producen solo cuando fluye energía por el aparato eléctrico.

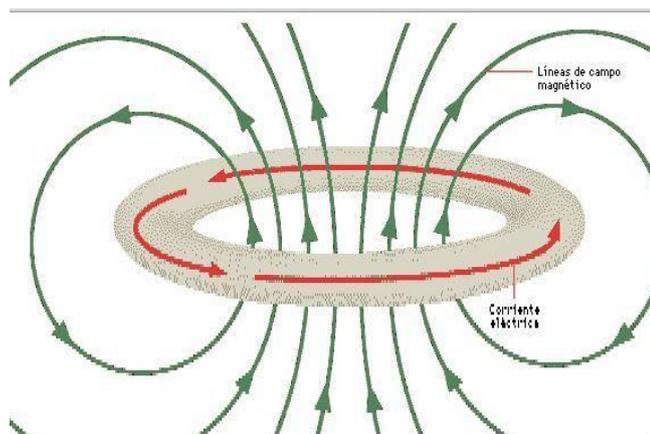


Figura 18. Campos Magnéticos

Fuente: diseño de tesis

### 2.2.3 RADIOFRECUENCIA

Las ondas de radiofrecuencia son señales que se encuentran en un rango con valores altos de radiación. Estos valores pueden estar entre los 30 Hz hasta los 300 GHz su principal uso está en la compañías de telecomunicaciones (Sepúlveda A, 2009).

Nombre de frecuencia	Frecuencia en inglés	Abreviatura inglesa	Banda UIT	Frecuencias	Longitud de onda
-	-	-	-	<3 Hz	>100.000 km
Frecuencia extremadamente baja	<i>Extremely Low Frequency</i>	ELF	1	3-30 Hz	100.000-10.000 km
Super baja frecuencia	<i>Super Low Frequency</i>	SLF	2	30-300 Hz	10.000-1.000 km
Ultra baja frecuencia	<i>Ultra Low Frequency</i>	ULF	3	300-3.000 Hz	1.000-100 km
Muy baja frecuencia	<i>Very Low Frequency</i>	VLF	4	3-30 kHz	100-10 km
Baja frecuencia	<i>Low Frequency</i>	LF	5	30-300 kHz	10-1 km
Media frecuencia	<i>Medium Frequency</i>	MF	6	300-3.000 kHz	1 km - 100 m
Alta Frecuencia	<i>High Frequency</i>	HF	9	3-30 MHz	100 m - 10 m
Muy alta frecuencia	<i>Very High Frequency</i>	VHF	11	30-300 MHz	10-1 m
Ultra alta frecuencia	<i>Ultra High Frequency</i>	UHF	10	300-3000 MHz	1 m-100 mm
Super alta frecuencia	<i>Super High Frequency</i>	SHF	11	3-30 GHz	100-10 mm
Frecuencia extremadamente alta	<i>Extremely High Frequency</i>	EHF	11	30-300 GHz	10-1 mm

Tabla VIII: Espectro electromagnético

Fuente: Wikipedia

Este tipo de onda se divide de la siguiente manera:

Cuando una onda se encuentra dentro de los 1 GHz esta forma parte de los microondas.

Nombre	Abreviatura	Frecuencias	Longitud de onda
		< 3 Hz	> 100.000 km
Extremely low frequency	ELF	3-30 Hz	100.000–10.000 km
Super low frequency	SLF	30-300 Hz	10.000–1.000 km
Ultra low frequency	ULF	300–3.000 Hz	1.000–100 km
Very low frequency	VLF	3–30 kHz	100–10 km
Low frequency	LF	30–300 kHz	10–1 km
Medium frequency	MF	300–3.000 kHz	1 km – 100 m
High frequency	HF	3–30 MHz	100–10 m
Very high frequency	VHF	30–300 MHz	10–1 m
Ultra high frequency	UHF	300–3.000 MHz	1 m – 100 mm
Super high frequency	SHF	3-30 GHz	100–10 mm
Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	10–1 mm
		> 300 GHz	< 1 mm

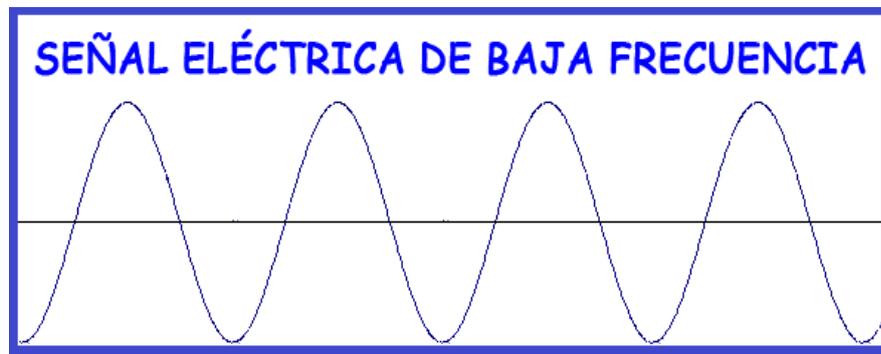
*Tabla IX: Espectro de radiofrecuencia*

*Fuente: Wikipedia*

A partir de 1 GHz las bandas entran dentro del espectro de las microondas. Por encima de 300 GHz la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan alta que la atmósfera se vuelve opaca a ella, hasta que, en los denominados rangos de frecuencia infrarrojos y ópticos, vuelve de nuevo a ser transparente (Arenas G, 2011).

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (audiofrecuencia), que se encuentra entre 20 y 20.000 Hz aproximadamente. Sin embargo, éstas se tratan de ondas de presión, como el sonido, por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material.

#### 2.2.4 FRECUENCIAS BAJAS (LF)



*Figura.19. Bajas Frecuencias*

*Fuente: <http://www.radioelectronica.es/articulos-teoricos/57-las-ondas-4>*

Las señales de baja frecuencia trabajan en rangos que no superan los 300 Hz. Este tipo de ondas se pueden encontrar en los dispositivos como por ejemplo:

- Computadores
- Mouse
- Televisores
- Proyector

Según estudios realizados este tipo de frecuencias podrían ser menos nocivos para la salud humana si no se está en contacto por largos periodos.

#### 2.2.5 ALTA FRECUENCIA (HF)

Las ondas que trabajan con frecuencias altas superan los 300 Hz llegando a frecuencias hasta de 30 GHz.

En la actualidad el mundo se encuentra rodeado casi en su totalidad por este tipo de ondas, que conectan a los humanos pudiendo así seguir con el desarrollo de estas tecnologías (Hernández R, 2010).

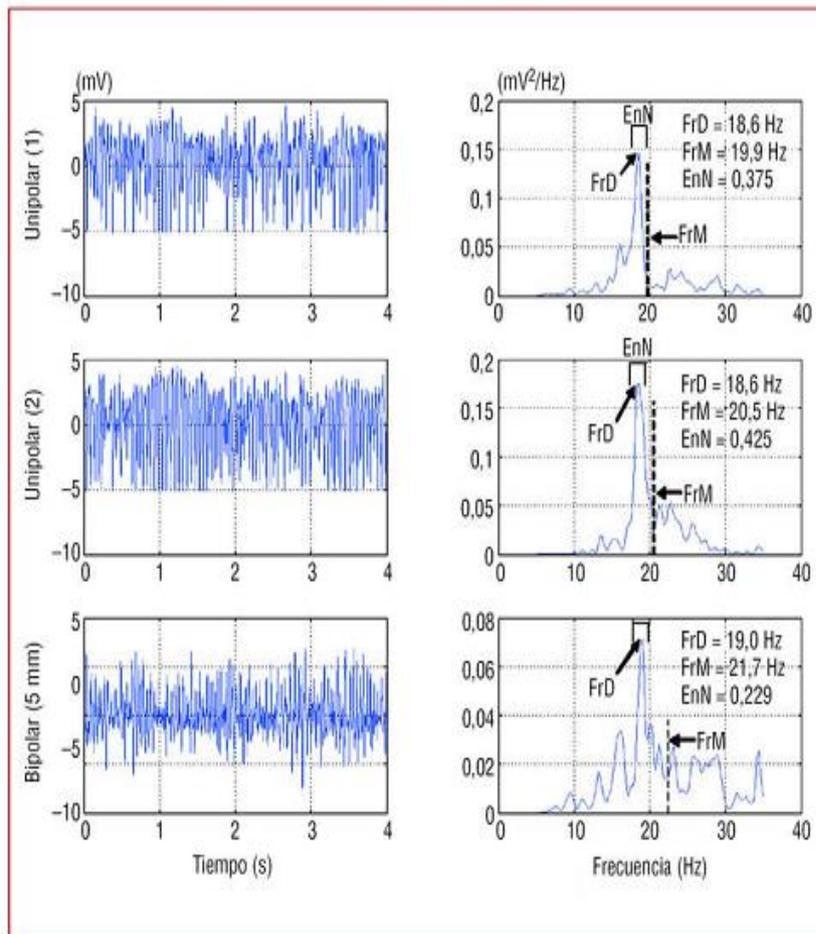


Figura 20. Señales.

Fuente: Diseño de tesis

Las frecuencias altas tienen una mayor amplitud, esto conlleva a que se incrementa la velocidad entre cada onda, pero disminuye la distancia entre cada una.

## 2.3. VARIABLES

A continuación se detallan las variables aplicadas en este proyecto:

### 2.3.1. Variable Independiente (causa)

RNI. Impacto del campo electromagnético en los distintos tipos de PH de la piel de las personas, medido a través del dispositivo Narda SRM-3000.

### 2.3.2. Variable Dependiente (efecto)

PH. Estudio del pH de la piel mediante el dispositivo HANNA pH meter.

## **2.4. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

### **2.4.1. Tipo de Estudio**

El tipo de estudio dado en esta investigación se va a desarrollar de carácter experimental y descriptivo.

### **2.4.2. Método de la Investigación**

Para la elaboración del trabajo se emplearon los siguientes métodos:

**Científico – Observación:** Esta investigación contiene conceptos técnicos, teóricos, hipótesis y deducciones que pueden ser comprobadas mediante los informes realizados.

**Inductivo – Deductivo:** mediante las normas competentes de control, nos permite observar e identificar los resultados obtenidos y llegar a conclusiones veraces.

**Analítico:** evaluar minuciosamente los resultados obtenidos, comparándolos con los niveles RNI para llegar a resultados.

## **2.5. TÉRMINOS BÁSICOS**

**VLf:** Frecuencia muy baja

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**IRPA:** Asociación Internacional para la protección contra la radiación

**CONELC:** Consejo Nacional de Electricidad

**SUPERTEL:** Superintendencia de Telecomunicaciones

**Hz:** Hertzios

**RNI:** Radiaciones no ionizantes

**CEM:** Campos Electromagnéticos

**LF:** Baja frecuencias

**HF:** Altas frecuencias

**VHF:** Muy altas frecuencias

**MO:** Radiaciones microondas

**RF:** Radio Frecuencia

**ICNIRP:** Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante.

**CIIC:** Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer.

**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**OIT:** Organización Internacional del Trabajo

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**CE:** Comisión Europea

**CEI:** Comisión electrotécnica Internacional

# CAPÍTULO 3

## ANÁLISIS

### 3. ANÁLISIS

En el análisis del capítulo 3 se indican los elementos que se utilizarán para poder medir la variación del pH de la piel influida por los campos electromagnéticos de baja frecuencia, al mismo tiempo se puede conocer los cambios más relevantes donde existe cierto nivel de variación.

#### 3.1. DIAGRAMA DE PROCESO

##### 3.1.1. Definición del modelo de medición y puntos de referencia.

En esta fase se escogerán los instrumentos y equipos necesarios para realizar la medición de los campos electromagnéticos expuestos a la piel.

##### 3.1.2. Configuración del software de medición.

En esta fase se detallan los pasos para configurar el equipo de medición de pH (HANNA), y obtener de esta forma una medida con muy bajo margen de error.

- Conectar la sonda: con el dispositivo totalmente apagado, se conecta la respectiva sonda la cual va a medir el pH. Esta sonda tiene que estar totalmente libre de impurezas.



*Figura 21. Sonda pH HANNA.*

*Fuente: Diseño de tesis*

- Comprobar el estado de las pilas: se presiona ON/OFF/MODE hasta que la pantalla encienda. Al iniciarse, todos los segmentos del display están encendidos durante un segundo, a continuación aparece el porcentaje de pilas restantes durante otro segundo. El medidor entra entonces a modo de medición normal.
- Congelar el display: Con la opción set/hold podemos hacer una captura del valor que en ese momento se está mostrando en pantalla



Figura 22. Ph HANNA.

Fuente: Diseño de tesis

- Desconectar el medidor: cuando se ha terminado con la medición, es muy importante que el dispositivo en su mayor tiempo se encuentre apagado.

### 3.1.3. Recolección de Información.

La información recolectada fue obtenida en uno de los laboratorios de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para ello, se contó con la ayuda de veinticinco voluntarios a los cuales se les expuso las ondas electromagnéticas irradiadas por el mouse de un computador. A continuación se detallan los datos obtenidos de las mediciones en los voluntarios.

Nº	ESTUDIANTES	PH SIN EXPOSICIÓN MANO DERECHA	PH SIN EXPOSICIÓN MANO IZQUIERDA
1	PARTICIPANTE 1	4.5	4.8
2	PARTICIPANTE 2	5.05	5.20
3	PARTICIPANTE 3	5.05	5.15
4	PARTICIPANTE 4	5.13	5.00
5	PARTICIPANTE 5	4.45	4.60

6	PARTICIPANTE 6	5.20	5.20
7	PARTICIPANTE 7	5.25	5.20
8	PARTICIPANTE 8	5.34	5.25
9	PARTICIPANTE 9	5.30	5.30
10	PARTICIPANTE 10	5.20	5.31
11	PARTICIPANTE 11	5.20	5.12
12	PARTICIPANTE 12	5.61	5.80
13	PARTICIPANTE 13	4.68	4.40
14	PARTICIPANTE 14	4.80	5.13
15	PARTICIPANTE 15	4.98	5.13
16	PARTICIPANTE 16	5.00	5.10
17	PARTICIPANTE 17	4.75	4.88
18	PARTICIPANTE 18	4.70	4.70
19	PARTICIPANTE 19	5.29	5.39
20	PARTICIPANTE 20	4.91	4.88
21	PARTICIPANTE 21	5.09	5.04
22	PARTICIPANTE 22	4.80	4.89
23	PARTICIPANTE 23	5.16	5.25
24	PARTICIPANTE 24	4.90	4.92
25	PARTICIPANTE 25	4.59	4.46

*Tabla X: pH sin exposición*

*Fuente: Diseño de tesis*

N°	ESTUDIANTES	PH CON EXPOSICIÓN MANO DERECHA	PH CON EXPOSICIÓN MANO IZQUIERDA
1	PARTICIPANTE 1	4.46	4.39
2	PARTICIPANTE 2	5.27	4.84
3	PARTICIPANTE 3	5.27	5.25
4	PARTICIPANTE 4	5.13	5.13
5	PARTICIPANTE 5	4.41	5.04
6	PARTICIPANTE 6	5.10	5.13
7	PARTICIPANTE 7	5.27	5.53
8	PARTICIPANTE 8	5.37	5.37
9	PARTICIPANTE 9	5.23	5.15
10	PARTICIPANTE 10	5.33	5.27

11	PARTICIPANTE 11	4.70	4.80
12	PARTICIPANTE 12	5.60	5.40
13	PARTICIPANTE 13	4.55	4.49
14	PARTICIPANTE 14	4.98	5.02
15	PARTICIPANTE 15	5.11	5.32
16	PARTICIPANTE 16	5.21	5.15
17	PARTICIPANTE 17	4.60	4.40
18	PARTICIPANTE 18	4.29	4.26
19	PARTICIPANTE 19	5.70	5.57
20	PARTICIPANTE 20	4.56	4.78
21	PARTICIPANTE 21	5.00	5.80
22	PARTICIPANTE 22	4.07	4.73
23	PARTICIPANTE 23	5.15	5.16
24	PARTICIPANTE 24	5.09	5.00
25	PARTICIPANTE 25	4.56	4.75

Tabla XI: pH de la piel expuesto a ondas electromagnéticas.

Fuente: Diseño de tesis

Nº	ESTUDIANTES	VARIACIÓN MANO DERECHA	VARIACIÓN MANO IZQUIERDA
1	PARTICIPANTE 1	0.04	0.41
2	PARTICIPANTE 2	-0.22	0.36
3	PARTICIPANTE 3	-0.22	-0.01
4	PARTICIPANTE 4	0	-0.13
5	PARTICIPANTE 5	0.04	-0.44
6	PARTICIPANTE 6	0.1	0.07
7	PARTICIPANTE 7	-0.02	-0.33
8	PARTICIPANTE 8	-0.03	-0.12
9	PARTICIPANTE 9	0.07	0.15
10	PARTICIPANTE 10	-0.13	0.04
11	PARTICIPANTE 11	0.5	0.32
12	PARTICIPANTE 12	0.01	0.4
13	PARTICIPANTE 13	0.13	-0.09
14	PARTICIPANTE 14	-0.18	0.11
15	PARTICIPANTE 15	-0.13	-0.19

16	PARTICIPANTE 16	-0.21	-0.05
17	PARTICIPANTE 17	0.15	0.48
18	PARTICIPANTE 18	0.41	0.44
19	PARTICIPANTE 19	-0.41	-0.18
20	PARTICIPANTE 20	0.35	0.1
21	PARTICIPANTE 21	0.09	0.24
22	PARTICIPANTE 22	-0.27	0.16
23	PARTICIPANTE 23	0.01	0.09
24	PARTICIPANTE 24	-0.19	-0.08
25	PARTICIPANTE 25	0.03	-0.29

*Tabla XII: Variación del pH de la piel*

*Fuente: Diseño de tesis*

### **3.2. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS.**

A continuación se detallan los requerimientos necesarios para la obtención de datos y posterior análisis de resultados.

#### **3.2.1. Instrumento de medición SKIN PH METER HI 99181.**

El HI99181 es un medidor de pH diseñado específicamente para el análisis de la piel, que es esencial para los laboratorios de investigación de la compatibilidad biológica de cosméticos y productos farmacéuticos.

El HI99181 proporciona mediciones rápidas y sencillas, sin comprometer la precisión. El HI 1414D / 50 sonda pre-amplificado ha sido especialmente diseñado con una punta plana para la medición de pH de la piel precisa con el máximo contacto superficial. Es fácil de limpiar y mantener.

#### **Características principales:**

- Compensación automática de temperatura.
- Uno o dos puntos de calibración automática.
- Alerta al usuario del nivel de batería que podría afectar a las mediciones.
- Compacto, resistente, compacto al agua.
- Porcentaje de la batería aparece en el arranque.
- Función HELP, muestra mensaje de tutoría que se muestra en el LCD.



Figura 23. Skin pH meter HI 99181

Fuente: Diseño de tesis

### Especificaciones técnicas.

Rango de pH	-2,00-16,00 PH
Resolución pH	0.01 pH
pH Precisión	± 0.02 pH
Calibración de pH	automática, en uno o dos puntos con dos juegos de tampones estándar (pH 4,01 / 7,01 / 10,01 o pH 4,01 / 6,86 / 9,18)
Rango De Temperatura	-5,0-105,0 ° C / 23,0 a 221,0 ° F
Resolución de la temperatura	0.1 ° C / 0.1 ° F
Temperatura de Precisión	± 0,5 ° C (hasta 60 ° C); ± 1.0 ° C (exterior) / ± 1 ° C (hasta 140 ° F); ± 2.0 ° F (fuera)
Compensación de la temperatura	automática desde -5,0 a 105.0°C (23 a 221°F)
Electrodo / sonda	Cable / 50 cuerpo de vidrio HI1414D, electrodo pre-amplificada de pH con punta plana, sensor de temperatura interna, conector DIN y 1 m (3,3 ')

Tipo de batería / Vida	1.5V (3) AAA / aproximadamente 1200 horas de uso continuo; apagado automático después de 8 minutos de no uso
Medio Ambiente	0 a 50 ° C (32 a 122 ° F); RH max 100%
Dimensiones	152 x 58 x 30 mm (6,0 x 2,3 x 1,2 ")
Peso	205 g (7,2 oz)
Información Sobre Pedidos	HI99181 se suministra con / 50 pH de la solución de punta / sonda de temperatura, HI70004 pH de la solución tampón 4,01 bolsita, HI70007 pH de la solución tampón 7,01 bolsita, HI700620 limpieza y desinfección electrodo plana HI1414D para los residuos de la piel (2), solución de limpieza electrodo HI700621 bolsitas para la grasa de la piel y bolsitas de sebo (2), baterías, instrucciones y maletín de transporte rígido.

*Tabla XIII: Especificaciones del Skin pH meter.*

Fuente: HANNA Instruments.

### 3.2.2. Narda SRM – 3000 (Selective Radiation Meter)



*Figura 24. Equipo de medición de radiación.*

Fuente: Diseño de tesis

- Excelente para medir la microondas y la radio frecuencias
- Isotrópico y solo eje-Mediciones de 100 kHz a 3 GHz
- Se puede trabajar con el dispositivo en lugares muy altos y de poca accesibilidad.
- Su antena es automática
- Los resultados en V / m, A / m, densidad de potencia, o Porcentaje de Límite Permisible, esto está dado en voltios por metro y amperios por metro respectivamente.
- Correlación automática de los resultados con Servicios de telecomunicaciones (por ejemplo, TETRA, GSM, UMTS) Con base en las Tablas' definidas por el usuario.
- Cálculo automático de Contribución de servicios individuales a la exposición general del campo
- La resolución del equipo está entre los 5 GHz para realizar mediciones en UMTS Y W-CDMA.

Con este medidor de campo electromagnético se pudo establecer los siguientes campos para la medición del pH:

**Especificaciones:**

SRM-3000 (basicunit)		
Frequencyrange	100 kHz to 3 GHz	
Modes	SpectrumAnalysis Safety Evaluation	
	UMTS – P-CPICH Demodulation Time Analysis	
Frequency	Resolutionbandwidths (RBW)	See specifications for each mode

	Phasenoise (SSB)	30 kHz carrier spacing < - 85 dBc (1 Hz) 100 kHz carrier spacing < - 105 dBc (1 Hz) 1 MHz carrier spacing < - 120dBc (1 Hz)
	Reference frequency	Original deviation < 1.5 ppm Aging < 0.5 ppm/year Thermal drift < 2.0 ppm (within specified temperature range)
Amplitude	Upper limit of measurement range (MR)	-27 dBm to +23 dBm (in steps of 1 dB)
	Displayrange	From noise floor up to +26 dBm
	Maximum RF power	+30 dBm
	Maximum DC voltage	50 V
	Intrinsicnoise	-120 dBm for 1 kHz RBW, f > 20 MHz and no RF attenuation
	RF attenuation	0 to 50 dB in steps of 1 dB (coupled with measurement range)

	2nd order intermodulation products	= -57 dBc for two signals of level 9 dB below MR and a spectral line spacing of more than 100 kHz
	3rd order intermodulation products	= -70 dBc for two signals of level 9 dB below MR and a spectral line spacing of more than 500 kHz
RF Input	Type	N connector, 50 $\Omega$
	Return loss	< 11dB for f = 2.4 GHz

*Tabla XIV: Especificaciones de NARDA SRM - 3000.*

*Fuente: Industria Canadá.*

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para este capítulo se especificará los análisis de los resultados obtenidos al realizar la medición del PH de la piel, expuesto al campo electromagnético de baja frecuencia.

##### 4.1. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

A continuación se presentaran cada una de las muestras realizadas a los voluntarios expuestos a las ondas electromagnéticas generadas por un mouse óptico de computadora.

##### 4.1.1. Análisis de resultados muestra 1

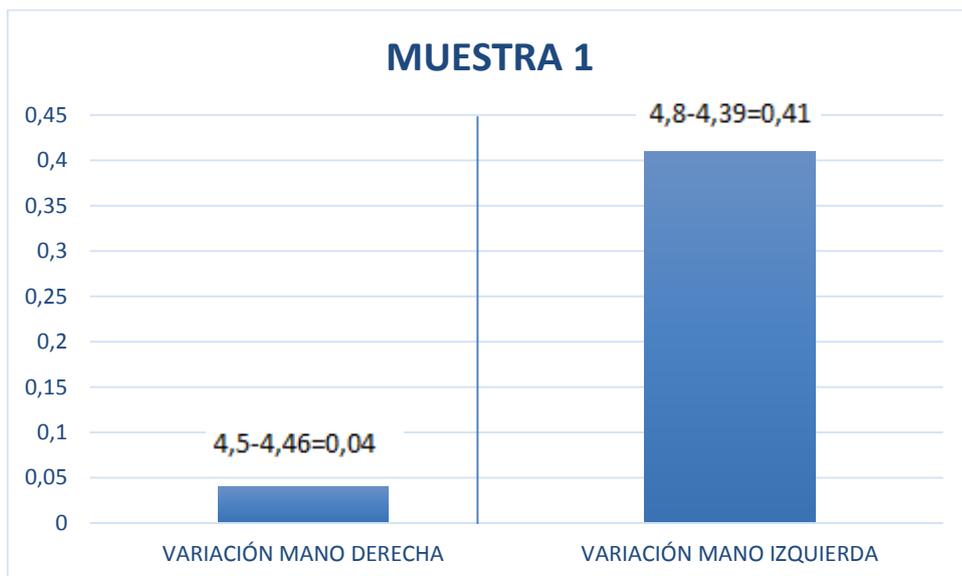


Figura 25.: Mediciones MUESTRA 1  
Fuente: Diseño de tesis

Los resultados obtenidos en esta tabla indican que hubo una alcalinidad tanto en la mano izquierda como en la mano derecha. Mano izquierda una variación de 0.41 y mano derecha 0.04.

#### 4.1.2 Análisis de resultados muestra 2

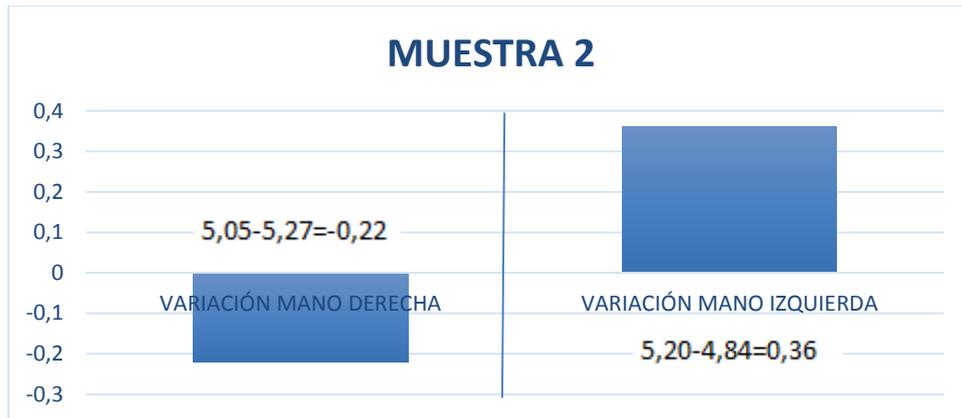


Figura 26. Mediciones MUESTRA 2.  
Fuente: Diseño de tesis

En la siguiente tabla se puede observar que esta persona ha tenido variaciones inclinadas hacia los extremos. La mano derecha ha sufrido una acidez de 0.22, y la mano izquierda una alcalinidad de 0.36.

#### 4.1.3. Análisis de resultados muestra 3

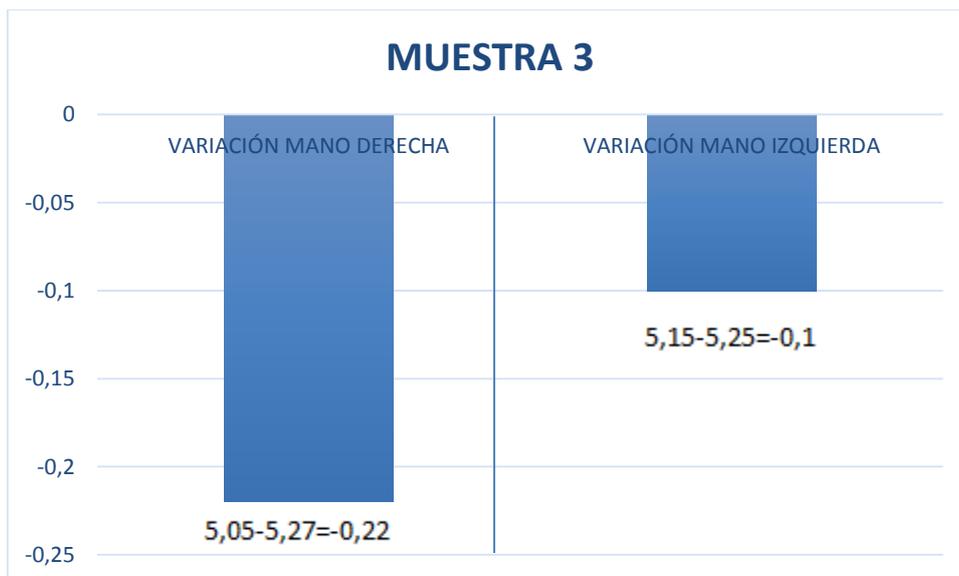


Figura 27. Mediciones de variación del pH.  
Fuente: Diseño de tesis

Esta tabla nos indica que tenemos una acidez tanto en la mano derecha con un valor de 0.22 como en la mano izquierda con un valor de 0.1.

#### 4.1.4 Análisis de resultados muestra 4

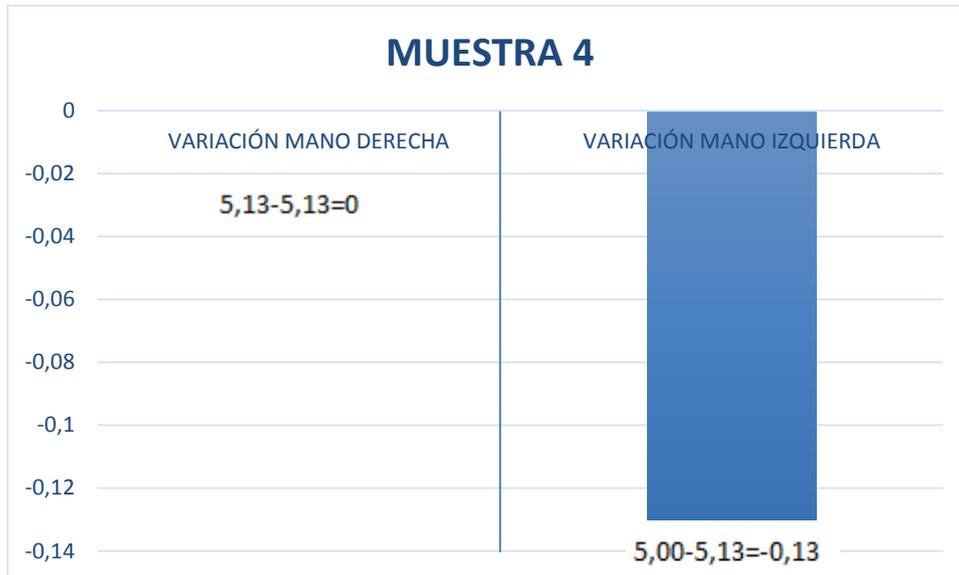


Figura 28. Mediciones de variación del pH.  
Fuente: Diseño de tesis

Los resultados que se obtuvieron en la siguiente tabla, nos indica, que la mano derecha no sufrió ningún cambio, mientras que la mano izquierda tuvo una variación de 0.13.

#### 4.1.5 Análisis de resultados muestra 5

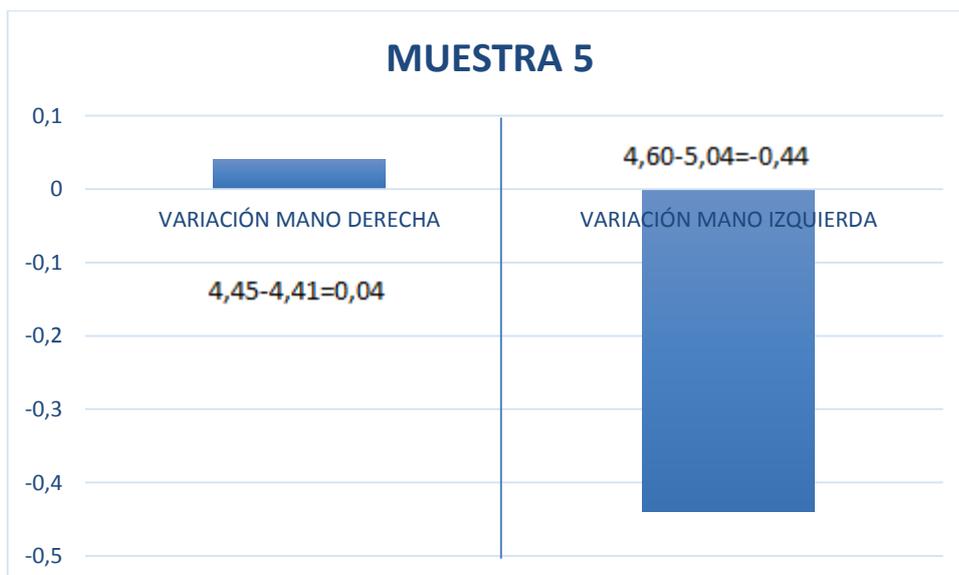


Figura 29. Mediciones de variación del pH.  
Fuente: Diseño de tesis

Las variaciones obtenidas, nos indican que la mano derecha una alcalinidad de 0.04 con respecto a su valor original, en cambio la mano izquierda tuvo una acidez de 0.44.

#### 4.1.6. Análisis de resultados muestra 6

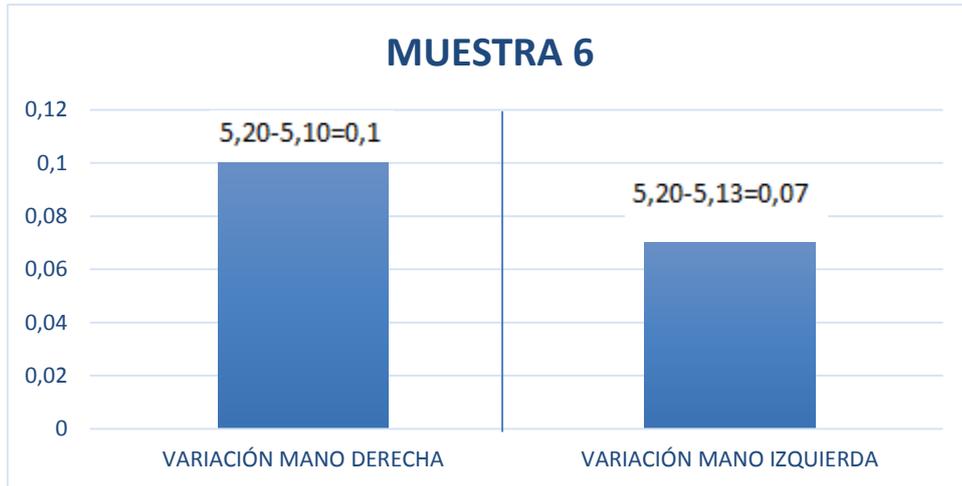


Figura 30. Mediciones de variación del pH.  
Fuente: Diseño de tesis

Los valores indican que en ambos casos hubo una alcalinidad, tanto en la mano derecha de 0.1 como en la mano izquierda de 0.07.

#### 4.1.7. Análisis de resultados muestra 7

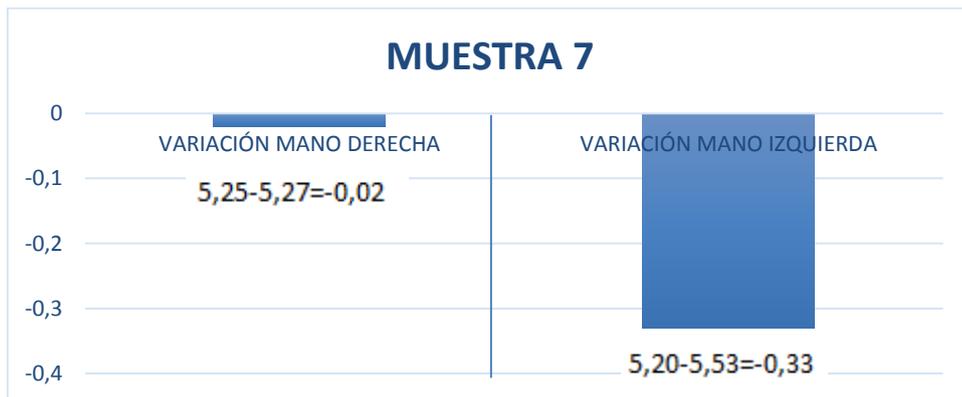


Figura 31. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En esta tabla los valores corresponden a una acidez en el pH. Los valores están, entre la mano derecha de 0.02 y la mano izquierda de 0.33.

#### 4.1.8. Análisis de resultados muestra 8

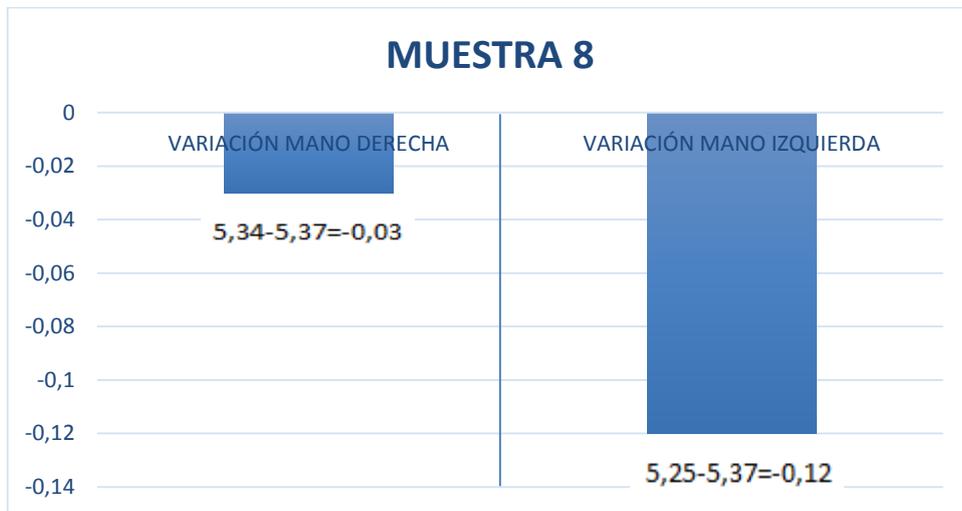


Figura 32. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Como indica la tabla, tenemos una acidez de 0.03 en la mano derecha y 0.12 en la mano izquierda.

#### 4.1.9. Análisis de resultados muestra 9

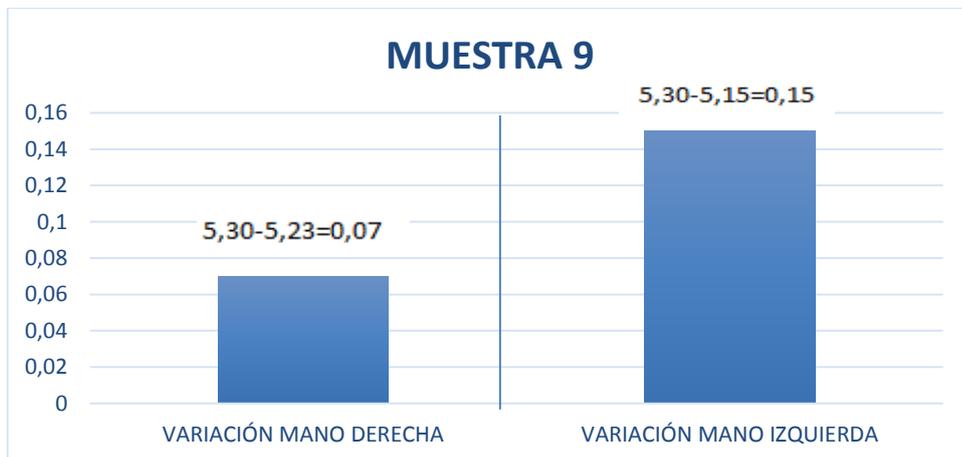


Figura 33. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

La valoración correspondiente en la siguiente tabla, es que la mano izquierda tiene una alcalinidad de 0.07 y la mano derecha también posee una alcalinidad de 0.15 en referencia a su valor original.

#### 4.1.10. Análisis de resultados muestra 10



Figura 34. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los resultados obtenidos, nos indica que la mano derecha tiene una acidez de 0.13 y la mano izquierda una alcalinidad de 0.04.

#### 4.1.11. Análisis de resultados muestra 11

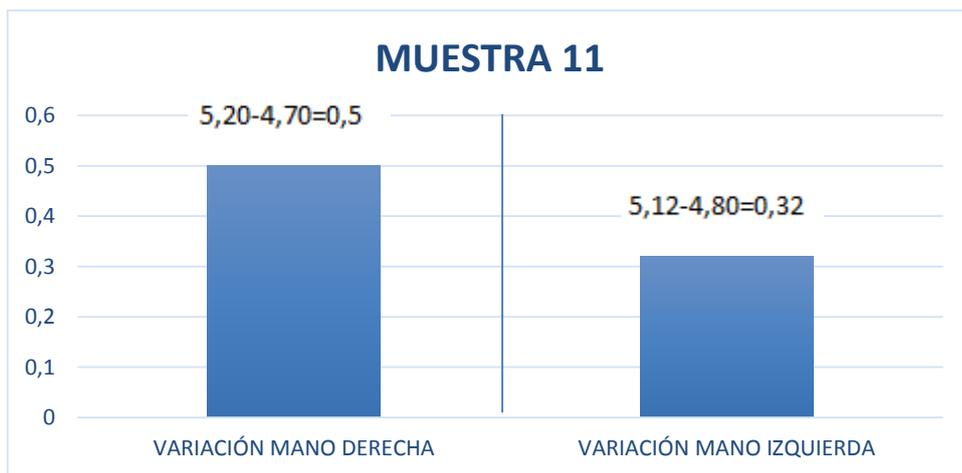


Figura 35. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Esta tabla nos proporciona unas alcalinidad de 0.5 en la mano derecha y 0.32 en la mano izquierda.

#### 4.1.12. Análisis de resultados muestra 12

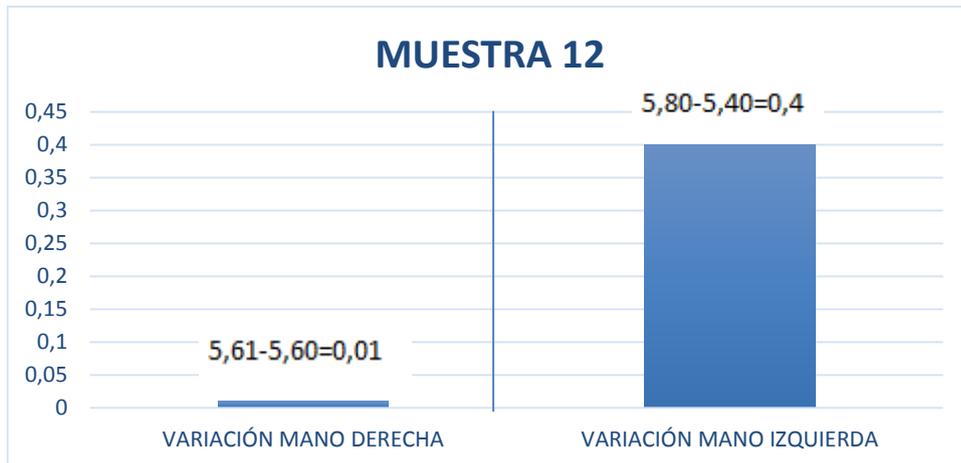


Figura 36. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los resultados en esta tabla nos proporciona unos resultados de 0.01 en la mano derecha y 0.4 en la mano izquierda, ambos proporcionan una alcalinidad.

#### 4.1.13. Análisis de resultados muestra 13

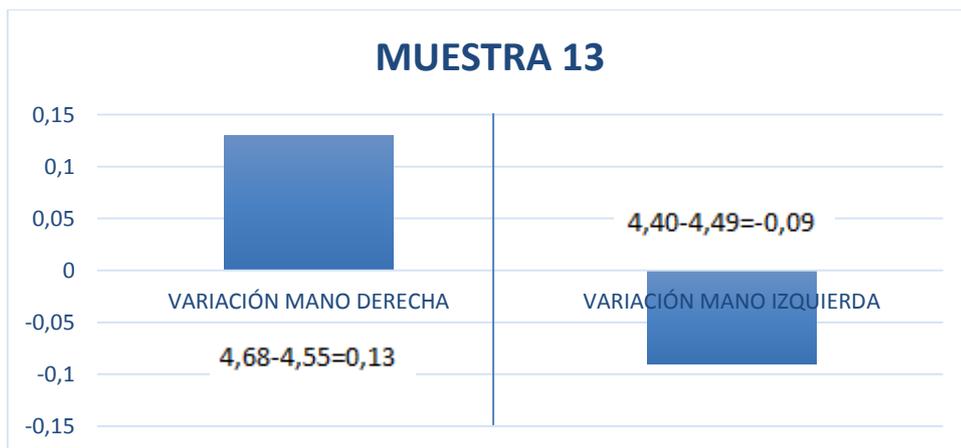


Figura 37. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Esta tabla nos refleja valores tanto en acidez como en alcalinidad. La mano derecha con una variación de 0.13 y la mano izquierda de 0.09.

#### 4.1.14. Análisis de resultados muestra 14

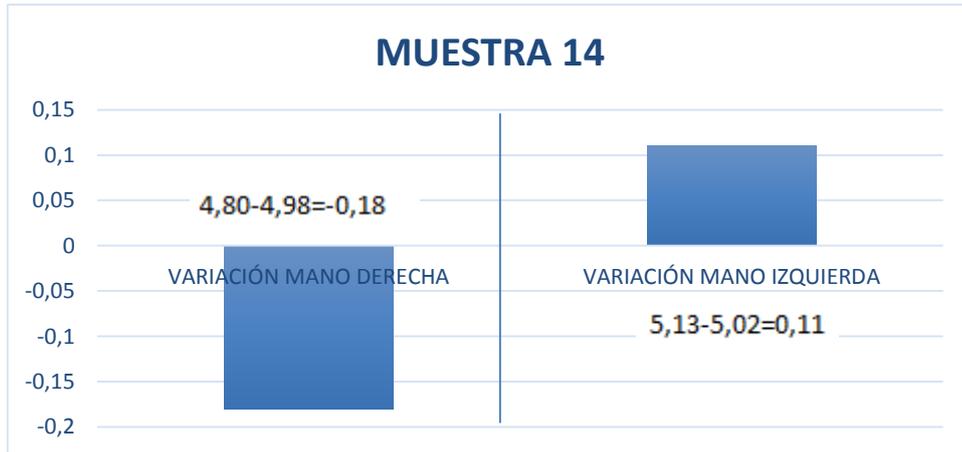


Figura 38. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Estos resultados nos indican que la mano derecha sufrió una acidez de 0.18 y la mano izquierda una alcalinidad de 0.11

#### 4.1.15. Análisis de resultados muestra 15

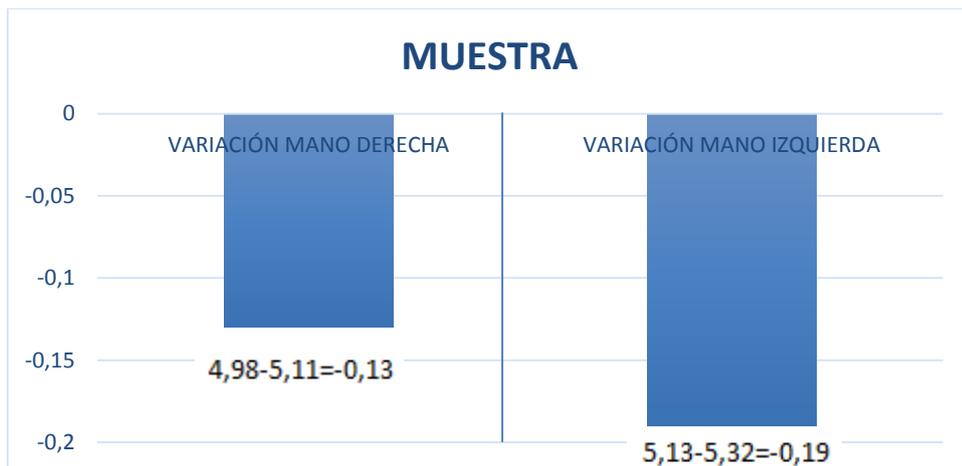


Figura 39. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los resultados obtenidos, nos muestran que esta persona tiene una acidez en sus dos manos. En la mano derecha tiene una variación de 0.13 y en la mano izquierda una variación de 0.19.

#### 4.1.16. Análisis de resultados muestra 16

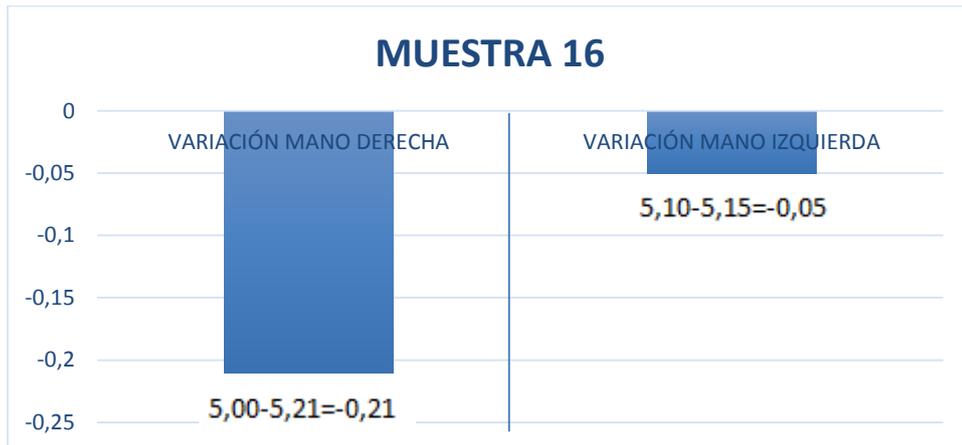


Figura 40. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Esta tabla nos indica, que esta persona tuvo una acidez en la mano derecha de 0.21 y en la mano izquierda de 0.05.

#### 4.1.17. Análisis de resultados muestra 17

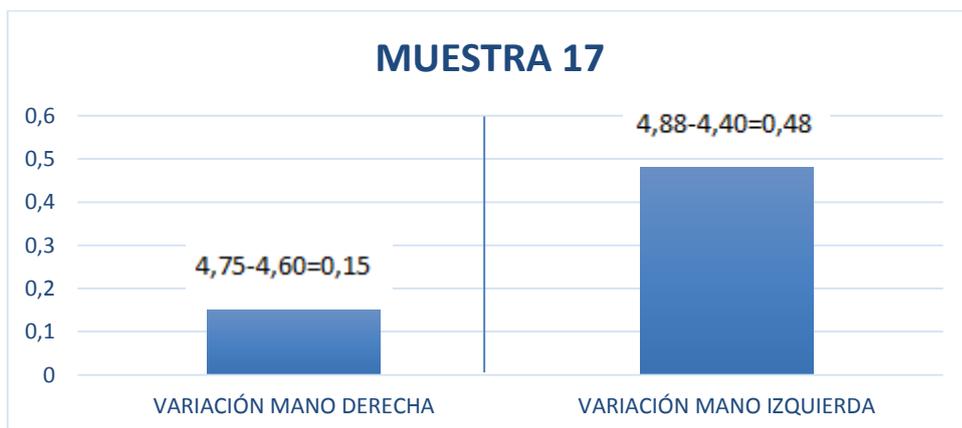


Figura 41. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En esta tabla se produjo una alcalinidad tanto en la mano derecha como en la mano izquierda con valor de 0.15 y 0.48 respectivamente.

#### 4.1.18. Análisis de resultados muestra 18

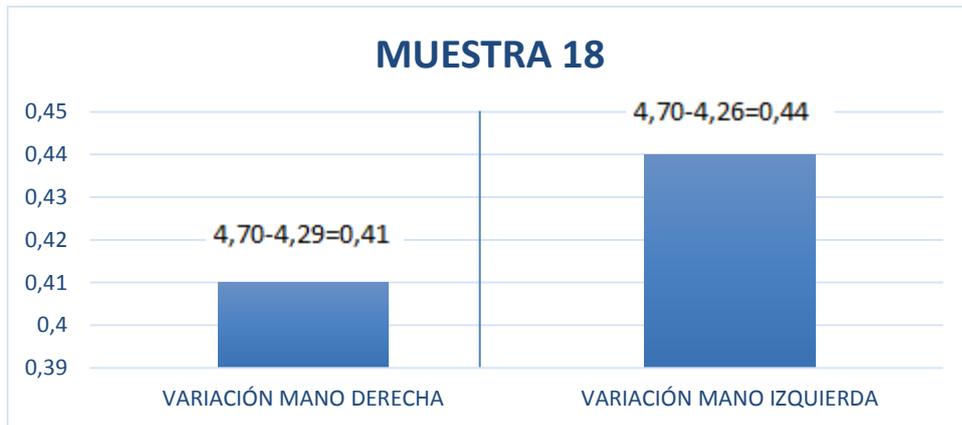


Figura 42. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los valores en esta tabla también nos indican que la mano derecha con un valor de 0.41 y la mano izquierda con un valor de 0.44 tuvieron una variación poco significativa hacia la alcalinidad.

#### 4.1.19. Análisis de resultados muestra 19

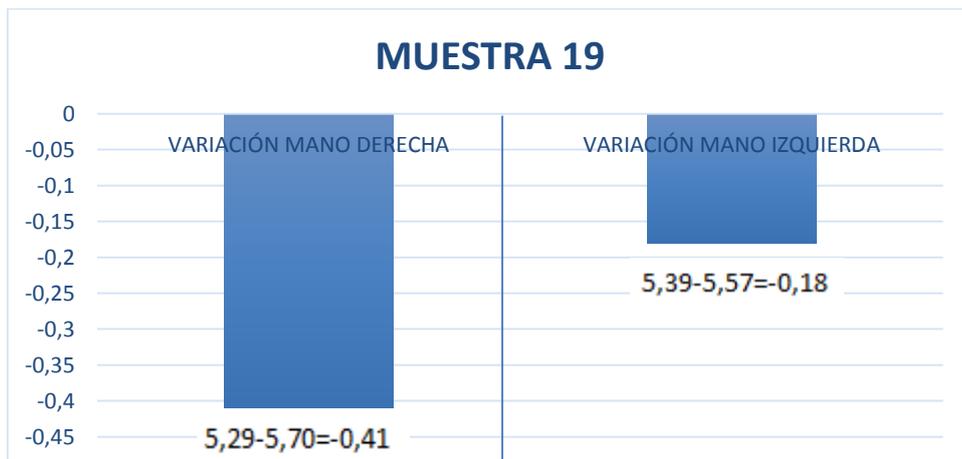


Figura 43. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En esta tabla se observa que los datos adquiridos tuvieron una acidez tanto en la mano derecha como en la mano izquierda, con valores de 0.41 y 0.18 respectivamente.

#### 4.1.20. Análisis de resultados muestra 20

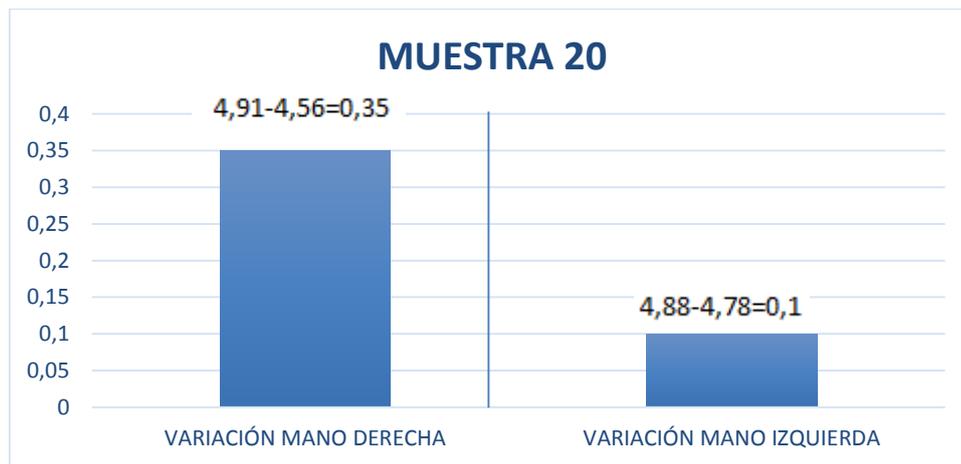


Figura 44. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En esta tabla se observa que los datos han variado, el mano derecha 0.35 y en la mano izquierda 0.1 hacia la alcalinidad del pH.

#### 4.1.21. Análisis de resultados muestra 21

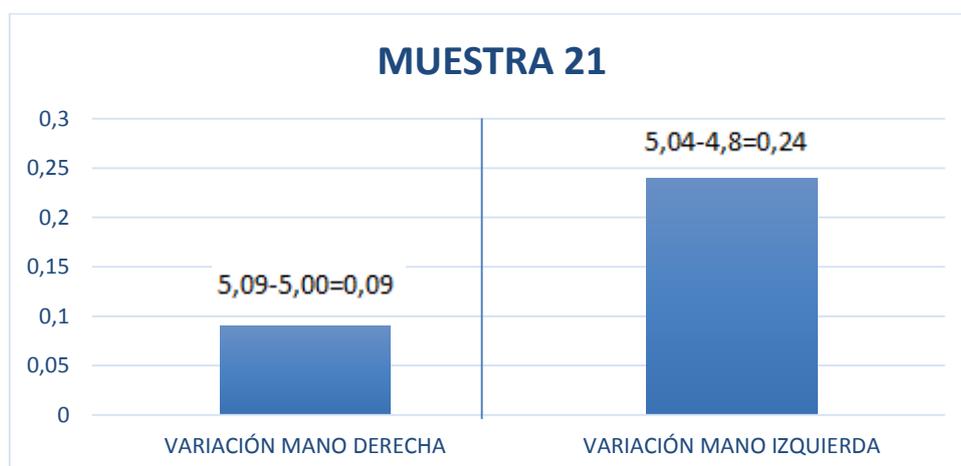


Figura 45. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los datos en esta tabla nos indican que hubo una alcalinidad en la mano derecha de 0.09 y en la mano izquierda 0.24.

#### 4.1.22. Análisis de resultados muestra 22



Figura 46. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En esta tabla, han variado los datos tanto para la acidez como para la alcalinidad, dando como resultado, una variación de 0.27 en la mano derecha y 0.16 en la mano izquierda.

#### 4.1.23. Análisis de resultados muestra 23

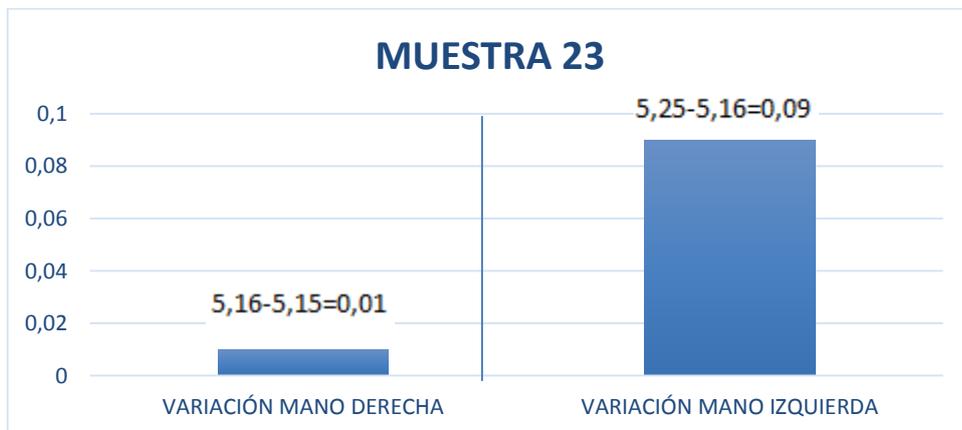


Figura 47. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

La siguiente tabla indica que la mano derecha tuvo una desviación de 0.01 hacia la alcalinidad y que la mano izquierda de 0.09 también hacia la alcalinidad.

#### 4.1.24. Análisis de resultados muestra 24

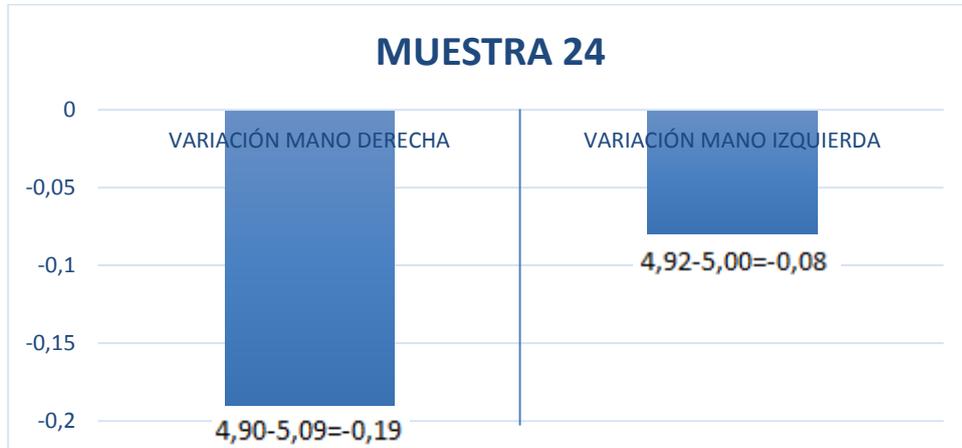


Figura 48. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

Los resultados que refleja esta tabla, indican que debido a la influencia del campo electromagnético, se sufrió una variación de 0.19 hacia la acidez, esto ocurrió en la mano derecha y en la mano izquierda tuvimos un rango menos de variación que está en 0.08 hacia la acidez.

#### 4.1.25. Análisis de resultados muestra 25

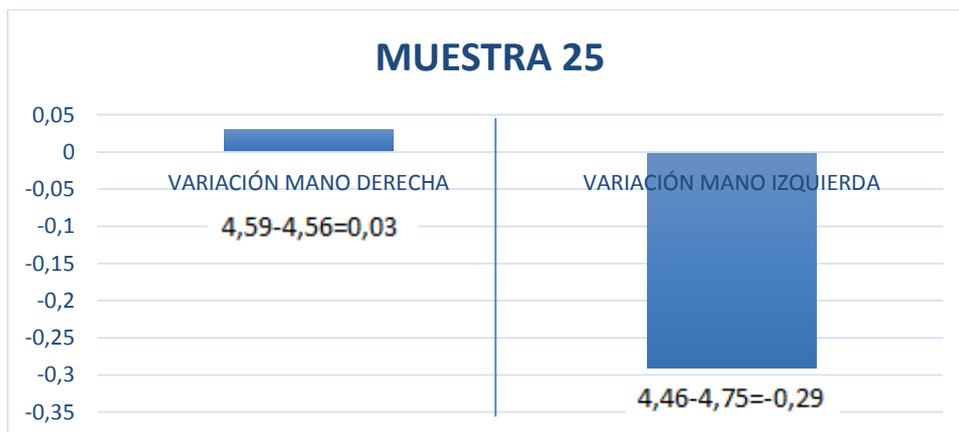


Figura 49. Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

En la siguiente tabla se observa que los datos han tenido una variación de 0.03 en la mano derecha hacia la alcalinidad y de 0.29 en la mano izquierda hacia la acidez.

## 4.2. ANÁLISIS DE DATOS GENERALES

Con los resultados obtenidos, se elaboran gráficos representativos para entender de una mejor manera los datos después de las mediciones al pH de cada estudiante.

El siguiente gráfico nos indica los valores o las variaciones que ocurrieron en cada uno de los estudiantes evaluados, dando como resultado que la mano derecha con la que habitualmente se utiliza en mayor tiempo el mouse no ha sufrido un cambio significativo que podría alterar el pH de la piel. En la mano derecha los valores no excedieron de rangos mayores al 0.5.



Figura 50. Variación General Mano Derecha

Fuente: Diseño de tesis

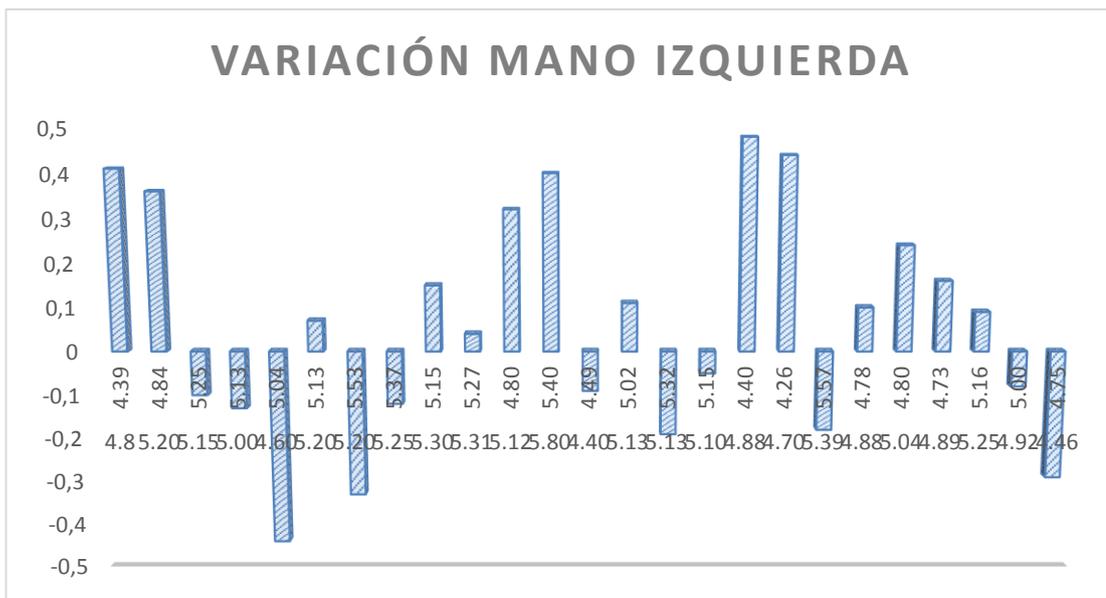


Figura 51.: Variación General Mano Izquierda.

Fuente: Diseño de tesis

En la variación general de los datos en la mano izquierda, se puede observar que al igual que en la mano derecha la influencia del campo electromagnético no produjo una alteración significativa más arriba del 0.5.

### 4.3. ANÁLISIS DE DATOS ESTADÍSTICOS

Se aplicó el test Wilcoxon.

Columna1	Antes (Mano derecha)	Después (mano derecha)	Antes (Mano izquierda)	Después (mano izquierda)
<b>Tamaño de muestra</b>	25	25	25	25
<b>Mínimo</b>	4,45	4,29	4,4	4,26
<b>Máximo</b>	5,61	5,7	5,8	5,57
<b>Media Aritmética</b>	4,9972	5,0004	5,044	4,9892
<b>Varianza</b>	0,0822	0,1446	0,0936	0,128
<b>Desvíos estándar</b>	0,2868	0,3802	0,3059	0,3578
<b>M±SD</b>	<b>5.00±0.30</b>	<b>5.05±0.30</b>	<b>5.00±0.4</b>	<b>5.00±0.35</b>

Tabla XV: Mediciones de variación del pH.

Fuente: Diseño de tesis

#### **4.4. ANÁLISIS DE LOS TEST BIOFÍSICOS**

- Exposición corta, 6 minutos
- Condiciones ambientales controladas (23 °C, 65 %humedad)
- Condiciones electromagnéticas de fondo controladas.

Estos resultados dan indicios preliminares que la exposición corta (6 minutos) a los CEM emitidas por el PC afectan de una manera significativamente muy baja a la piel (valores del pH) del operador.

Antes de exponer a los estudiantes a las RNI el valor promedio con los que su pH se iba a exponer fue de 4.9972 en la mano derecha y de 5.0004 en la mano izquierda. Luego se sometieron a las RNI del mouse sus valores en el pH cambiaron de una manera no tan significativa obteniendo que en la mano derecha expuesta a las RNI se tiene una media aritmética de 5.0004 y en la mano izquierda 4.9892, lo que nos muestra que si hubo un impacto de las RNI en el pH de la piel.

## **CONCLUSIONES:**

- La exposición a las radiaciones producen cambios en el pH de la piel, no de una manera muy significativa pero si se altera en porcentajes muy bajos.
- Se puede afirmar que, preliminarmente, la exposición para periodos cortos de exposición magnéticos emitidos por el mouse de una pc son inocuos para la piel del operador.
- El valor normal del pH de la piel seria de 5.5 los índices de variaciones en la mano que estuvo afectada por las RNI no superan los 0.0032 que en porcentaje sería un 0.06%.
- Podríamos afirmar que el pH de la piel no solo tiene variaciones por las RNI, en el transcurso del tiempo, el pH se exponen a muchos agentes externos que también producen alteraciones.

## **RECOMENDACIONES:**

- Continuar con el estudio de los posibles impactos de los CEM de los PC pero en personas que están expuestas a tiempos mayores.
- La exposición a las RNI de baja frecuencias tienen una afectación muy poco significativa por lo cual podríamos trabajar sin ningún problema con el periférico (mouse) del CPU.
- No exponerse a campos electromagnéticos de altas frecuencias, podríamos pensar que las RNI de baja frecuencia afectaron aunque de una manera muy baja, lo contrario las RNI de alta frecuencia podrían causar alteraciones en mayor grado.
- En lo posible sería recomendable que si se está trabajando o desempeñando alguna actividad que involucre a equipos que producen RNI no exponernos a tiempos prolongados o tener en cuenta de solo utilizar los necesarios.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS**

Aleman Aguilar (2006). El sistema de bioprotección electromagnética, primera edición.

Allen SG. (2011). Non-ionizing radiation, part 2: radiofrequency. Lyon: IarcMonographs.

Arenas Germán (2011). Mediciones electromagnéticas, Universidad Nacional de Colombia.

Becker Robert (1998). Electromagnetismo. New York: The body Electric.

Borras Santiago (2008). Campos electromagnéticos, editorial Limusa.

Costa J / López F. (2000). Interacción Electromagnética Teoría Clásica, editorial Reverte.

García A. (2008). El Campo Magnético. Universidad del País Vasco, España.

Gómez P / González E. (2012). Ecuaciones de Maxwell, UNAM. Fac. de Ciencias.

Hernández Rubio F. (2010). Electromagnetismo, editorial Pearson. Primera edición.

Jamiron Manuel (2009). Las radiaciones: Beneficios, letales, misteriosas.

Popović Z (2005). Introducción al electromagnetismo, Difusora Larousse de Colombia Ltda.

Quintana Costa (2012). Interacción electromagnética, editorial Revertè.

Ramírez Jaime (2011). Campos electromagnéticos, Universidad de San Buenaventura.

Reitz Milford (1998). Fundamentos de la teoría electromagnética.

Sepúlveda Soto A. (2009). Electromagnetismo, Universidad de Antioquia.

Wangsness Roald K. (1990). Campos electromagnéticos, editorial Jhon Wiley & Sons Inc.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Certificación de revisión gramatical

ANEXO 2. Gráficos del equipo utilizado para las mediciones del campo electromagnético.

*Narda SRM-3000*



*Antena SRM NARDA*



*Equipo completo Narda*



**ANEXO 3.** Gráficos del equipo utilizado para las mediciones del PH de la piel de los estudiantes.

*COMPROBADOR PH METER*



*INDICADOR DE MEDICIONES*

