

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Estudio de radiación nociva no ionizante y corroboración de cumplimiento de normas en algunas aplicaciones industriales en Medellín

Yuliana Alvarez Alzate

Laura Catalina García Buitrago

Ingeniería de Telecomunicaciones

Director: Willer F. Montes Granada

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Facultad de Ingenierías

Octubre de 2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

La utilización de radiación no ionizante por radiofrecuencias (RF) es muy común en actividades industriales relacionadas con la minería, la industria del reciclaje y la industria manufacturera en general, aportando beneficios inherentes a que estos dispositivos de RF generan longitudes de onda que penetran fácilmente los materiales, permitiendo efectos como el secado, el calentamiento endógeno, la inmunización y eliminación de agentes inherentes a la humedad, bacterias y hongos, estimulando la producción. Dichos dispositivos de RF constituyen aplicaciones industriales de la RF, diferentes a las telecomunicaciones, considerados desde la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) como emisores de RF no intencionales.

Los posibles efectos nocivos en los seres vivos que se pueden derivar de la exposición a estas radiaciones electromagnéticas no ionizantes emitidas por fuentes radioeléctricas han sido y son objeto de interés creciente por parte de los ciudadanos y las autoridades competentes, sobre todo en países industrializados, donde estas técnicas son de gran uso a nivel industrial.

En la investigación que acá se desarrolla, se realizará una vigilancia tecnológica a las empresas que tienen aplicaciones industriales de RF en la ciudad de Medellín, para concluir en las características de las señales y equipos utilizados para tal fin (tipos de radiación, potencias y frecuencias típicas), se caracterizarán los emisores fundamentándonos en las recomendación UIT-T K.52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en la Recomendación 519 del Consejo de la Unión Europea y en la Recomendación para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante (ICNIRP - por sus siglas en inglés), con el fin de determinar en cada caso de acuerdo a la legislación Colombiana de si se trata de radiadores inherentemente conformes, específicamente soportados en el Decreto 195 de 2005 "por el cual se adoptan límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones" (Presidencia de la República de Colombia, 2005) y su Resolución reglamentaria 1645 de 2005. (Decreto 195, 2005)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

A nuestro Willer Ferney Montes Granada, por el apoyo prestado, por su compromiso con el trabajo, por su confianza y buena actitud, excelente maestro y asesor.

A las dos empresas que nos abrieron las puertas y nos permitieron cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

- ✓ CDT Centros de Desarrollo Tecnológico
- ✓ CEM Campo electromagnético.
- ✓ CIRRPC (Interinstitutional Committee on Radiation Research and Policy Coordination): Comité Interinstitucional de Investigación sobre Radiación y Coordinación de Políticas.
- ✓ EHF (extremely high frequency): Extra alta Frecuencia
- ✓ EPA (Environmental Protection Agency): Agencia de Protección Ambiental.
- ✓ FCV factores críticos de la vigilancia
- ✓ HF (High Frequency): Alta Frecuencia
- ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): Comisión Internacional para la protección de la Radiación No Ionizante.
- ✓ IRPA (International Radiation Protection Association): Asociación Internacional de Protección Radiológica.
- ✓ LF (Low Frequency): Baja Frecuencia
- ✓ MF (Medium Frequency): Frecuencia Media
- ✓ NAS (National Academy of Sciences): Academia Nacional de Ciencias.
- ✓ NIR Radiación no ionizante.
- ✓ OMS (World Health Organization): organización mundial de la salud
- ✓ PIRE Potencia isotrópica radiada efectiva.
- ✓ PVD Pantalla visualización de datos
- ✓ REM Radiación electromagnética.
- ✓ SAR (Specific Absorption Rate): Tasa de absorción específica.
- ✓ Sonotrodos: herramientas de soldadura por ultrasonidos cuya resonancia se desplaza mediante la introducción de vibraciones mecánicas de alta frecuencia.
- ✓ Triodo: es una válvula electrónica de amplificación que consta de tres electrodos dispuestos en el interior de una envoltura de vidrio en la que se ha hecho el vacío.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ UIT (International Telecommunications Union): Unión Internacional de Telecomunicaciones
- ✓ VHF (Very High Frequency): Muy alta Frecuencia
- ✓ VT Vigilancia Tecnológica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS.....	3
ACRÓNIMOS.....	4
1. INTRODUCCIÓN	9
1.2. Justificación.....	9
1.2. Planteamiento del problema.....	10
1.3. Objetivos	10
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Estado del arte.....	11
2.2. Definiciones y Conceptos.....	16
2.3. Normativa para límites de exposición ante la radiación	23
2.4 Aplicaciones industriales de la radiofrecuencia (RF)	29
2.5 Conceptos y modelos de Vigilancia tecnológica (VT)	34
3. METODOLOGÍA.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Etapa I: Revisión documental	43
4.2 Etapa II: Vigilancia Tecnológica.....	47
4.3 Etapa III: Estudio De Campo	52
4.4 Discusión De Los Resultados.....	64
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	65
REFERENCIAS	68
APÉNDICES.....	73

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Índice De Tablas

Tabla 1. Comparación entre Campos Eléctricos y Magnéticos. Fuente: (OMS, 1999)	17
Tabla 2. Espectro Electromagnético. Fuente: (Mestre Rovira, Josep, 1987)	21
Tabla 3. Cálculo de distancias mínimas para el cumplimiento de los límites de exposición. Fuente: (ANE, 2016)	25
Tabla 4. Cálculo de distancias mínimas para el cumplimiento de los límites de exposición. Fuente: (ANE, 2016).....	25
Tabla 5. Límites básicos de la ICNIRP. Fuente: (Recomendación UIT-T K.52, 2000)	27
Tabla 6. Bandas ISM autorizadas. Fuente: (Picouet & Del Valle, 2005)	31
Tabla 7. Tipos de Vigilancia. Fuente: (Porter, 1979)	35
Tabla 8. Fuentes de información VT. Fuente: (Porter, 1979).....	35
Tabla 9. Actividades y herramientas. Fuente: autoras.....	43
Tabla 10. Ecuaciones de Búsqueda. Fuente: autoras.....	44
Tabla 11. Fuentes Estado del arte. Fuente: autoras	44-45
Tabla 12. Resultados BD IEEEExplorer. Fuente: autoras	46
Tabla 13. Bitácora etapa de búsqueda Legiscomex. Fuente: semillero de vigilancia tecnológica ITM .	47
Tabla 14. Bitácora etapa de búsqueda Empresa. Fuente: autoras	48-49
Tabla 15. Fichas Técnicas. Fuente: Autoras	50
Tabla 16. Especificaciones Técnicas Secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: (Stalam,2018).....	54
Tabla 17. Encuesta Fabricato. Fuente: autoras	58
Tabla 18. Especificaciones Técnicas Secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras.....	59
Tabla 19. Encuesta Empresa II. Fuente: autoras	63
Tabla 20. Comparación Empresas. Fuente: autoras	64

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Índice De Figuras

Figura 1. Zonas de exposición a campos electromagnéticos. Fuente: (Decreto 195, 2005).....	24
Figura 2. Niveles de Referencia ICNIRP para exposición a campos eléctricos. Fuente: (ICNIRP, 1998).	28
Figura 3. Niveles de Referencia ICNIRP para exposición a campos magnéticos. Fuente: (ICNIRP, 1998)	29
Figura 4. Ciclo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Fuente: (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014)	36
Figura 5. Figura 5. Etapas de la Metodología para la solución del problema. Fuente: autoras.....	39
Figura 6. Figura 6. Fases Vigilancia tecnológica escogida. Fuente: autoras.....	40
Figura 7. Factores críticos de vigilancia tecnológica. Fuente: autoras.....	41
Figura 8. Vista general secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras	55
Figura 9. Vista frontal del secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras	55
Figura 10. Vista posterior del secador por radiofrecuencia Stalam Fuente: autoras	55
Figura 11. Vista interna secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras	56
Figura 12. Vista de las bandas secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras	56
Figura 13. Señalizaciones encontradas secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras	57
Figura 14. Vista general secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras.....	60
Figura 15. Vista posterior secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras.....	60
Figura 16. Señalizaciones encontradas secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras	61
Figura 17. Parte interna del secador por radiofrecuencia Strayfield Fuente: autoras	62

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.2. Justificación

En la Industria, el uso de las aplicaciones de radiación ionizante son muy comunes y los entes regulatorios han desarrollado leyes para regular el uso de este tipo de radiaciones; sin embargo, para radiaciones no ionizantes la legislación en telecomunicaciones y en riesgos laborales, no son lo suficientemente restrictivas frente a las medidas de precaución, prevención, seguimiento y control de los dispositivos radiadores no intencionales usados con fines industriales y qué medidas preventivas se tienen en la empresas en cuanto a la gestión de riesgo estableciendo la necesidad de identificar, analizar y evaluar los riesgos antrópicos, y de trabajar en la prevención y mitigación de este tipo de riesgos laborales. Se pretende para esto recolectar información directa de las empresas, realizando un trabajo de campo de recolección y procesamiento de información a nivel ingenieril, para diagnosticar el problema.

Uno de los objetivos de este proyecto es realizar una reseña de lo que se ha hecho en Colombia con respecto a radiación nociva y como las empresas del sector industrial del país han adecuado sus plantas de trabajo con la instalación de equipos RF; se desea estudiar el comportamiento de estos equipos, como funcionan, ventajas y desventajas de su utilización y como las empresas que los utilizan manejan el tema de seguridad laboral para los empleados que interactúan con los equipos, qué medidas y precauciones internas se toman para evitar quebrantos de salud en estas personas y para evitar que la radiación producida por estos equipos afecte el medio ambiente por la contaminación electromagnética, conforme con el Decreto 195 de 2005.

Se realizará trabajo de campo en las empresas del sector industrial que cuenten con equipos que posean fuentes radiantes no intencionales; en dicho trabajo de campo se conocerán los equipos, características de estos, beneficios ofrecidos a la empresa, desventajas del equipo, fuentes de radiación, y tipo de radiación producida por el equipo.

Al final proyecto, siguiendo el protocolo sugerido por la Agencia Nacional del Espectro (ANE), podremos concluir si la normativa Colombiana y las recomendaciones internacionales acogidas por la legislación Colombiana con respecto a los niveles de radiación máxima permitida y a limitar la exposición de las personas a campos electromagnéticos y radioeléctricos se están cumpliendo en el sector industrial de Medellín y concluir que otras medidas se deben aplicar para que el funcionamiento de estos equipos no afecten la salud de los empleados, ni contamine con ruido EMI al medio ambiente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.2. Planteamiento del problema.

A través de la historia se han desarrollado diferentes estudios que han demostrado que la exposición de personas a la radiación electromagnética puede ocasionar a mediano o a largo plazo diferentes efectos nocivos en la salud.

En la actualidad la radiofrecuencia está siendo relacionada con diferentes aplicaciones industriales a nivel mundial, debido al tiempo de duración de sus procesos los cuales son muchos más cortos y eficientes que cualquier otro método. Esto ha hecho que diferentes entes regulatorios a nivel global desarrollen normas que verifiquen que las condiciones operativas de estos equipamientos de alta frecuencia y de radiofrecuencia (RF), tengan las limitaciones y precauciones adecuadas, sobre todo para los operadores y personal de las empresas que estén cerca de ellos.

Este estudio tiene como finalidad en primera instancia verificar si en la ciudad de Medellín actualmente existen empresas que utilicen para sus procesos industriales equipos de RF y validar si cumplen con las normativas impuestas por los entes regulatorios, de tal manera que no se vea afectada la salud de las personas expuestas a este tipo de radiación.

1.3. Objetivos

General

Realizar un estudio a través de un modelo de vigilancia tecnológica a empresas de Antioquia para determinar si los equipos utilizados en sus procesos industriales son radiadores inherentemente conformes, validando los límites de exposición de las personas y si se cumplen las normas y decretos impuestos por los entes regulatorios nacionales e internacionales.

Específicos

- ✓ Realizar una investigación bibliográfica o estado del arte de estudios que han demostrado diferentes problemas en la salud en personas expuestas a campos electromagnéticos.
- ✓ Identificar el mejor modelo de vigilancia tecnológica a seguir, con el fin de encontrar información clasificada de empresas de la ciudad de Medellín que puedan estar haciendo uso de RF para sus actividades industriales.
- ✓ Validar si las empresas del sector industrial en la ciudad han adecuado sus plantas de trabajo siguiendo las recomendaciones de radiación nociva referente a la operación de equipos de radiofrecuencia.
- ✓ Estudiar las especificaciones técnicas de equipos industriales que utilicen RF: procesos industriales que llevan a cabo, cómo funcionan, frecuencia y potencia de operación, ventajas y desventajas de su utilización y como las empresas que los utilizan manejan el tema de seguridad laboral para los empleados que interactúan con estos equipos.
- ✓ Analizar qué medidas de precaución y control toman las empresas internamente para evitar quebrantos de salud en sus trabajadores conforme con el Decreto 195 de 2005.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En 1974, la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA) formó un grupo de trabajo sobre radiación no ionizante (NIR), realizando una recopilación de temas y experimentos realizados a una exposición de CEM (campo electromagnético) hasta 300 GHz, para nuestro caso hicimos una validación de las frecuencias ICM por encima de 100 KHz. (ICNIRP, 1998)

En 1979, Wertheimer y Leeper, dieron a conocer la posibilidad de que los campos eléctricos y magnéticos generados por las líneas e instalaciones eléctricas tienen incidencia con la leucemia y otros tipos de cáncer en niños. A partir de esto se realizó el primer estudio entre personas que vivían cerca de líneas de alta tensión y de esta manera tratar de determinar si se presentaba algún riesgo para la salud (ICNIRP, 1998). Según la OMS “no existen mecanismos biofísicos comúnmente aceptados que sugieran una correlación entre la exposición a campos de baja frecuencia y la carcinogénesis. En consecuencia, de existir algún efecto atribuible a la exposición a CEM, tendría que producirse a través de un mecanismo biológico desconocido. Por otra parte, los estudios con animales han arrojado principalmente resultados negativos. Llegando a la conclusión que las evidencias relacionadas con la leucemia infantil no son suficientemente sólidas para establecer que la exposición a CEM produce este tipo de enfermedad” (OMS, 2007).

Chatterjee en 1986 demostró que a medida que aumenta la frecuencia de aproximadamente 100 kHz a 10 MHz y se está bajo una exposición electromagnética de alta intensidad comienzan a presentarse cambios de estimulación nerviosa y muscular. Ante radiación de 100 KHz, la sensación principal fue la de hormigueo nervioso, mientras que a 10 MHz fue de calor en la piel, por lo tanto, los criterios de protección deben ser tales que eviten la estimulación de tejidos excitables y efectos de calentamiento. En frecuencias de 10 MHz a 300 GHz, la calefacción es el principal efecto de absorción de energía electromagnética y la temperatura aumenta más de 1 o 2 °C, pudiendo tener efectos adversos para la salud como el agotamiento por calor y la insolación. Según Ramsey Kwon, estudios en 1988 sobre trabajadores en ambientes térmicamente estresantes han demostrado un empeoramiento de la ejecución de tareas simples, debido a que la temperatura corporal se eleva a un nivel fisiológico generando estrés por el calor (ICNIRP, 1998).

Según las consideraciones de la OMS sobre los efectos de las radiaciones electromagnéticas, a la fecha el único efecto visible de los campos de radio frecuencia en la salud es el aumento de la temperatura corporal mayor a 1° por la exposición a CEM en determinadas instalaciones industriales como calentadores de RF: “Todos los efectos establecidos debidos al a exposición a la RF están relacionados con el calentamiento corporal. Mientras la energía de RF puede interactuar con tejidos del cuerpo a niveles muy bajos para producir un calentamiento insignificante, no hay estudios que hayan

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

demostrado efectos adversos en la exposición a niveles que se encuentren por debajo de los límites internacionales” (OMS, 2000).

Russel Reiter, profesor de la universidad de san Antonio Texas realizó una investigación vinculada a la glándula pineal, la cual produce la melatonina siendo estimulada por la oscuridad e inhibida por la luz. Reiter realizó un experimento con ratas, exponiendo a las mismas a un foco emisor de un campo magnético; sus resultados comprobaron que sus niveles de melatonina se redujeron hasta en un 50% y de esta manera que los campos electromagnéticos artificiales tienen el mismo efecto sobre la glándula pineal que la luz, impidiendo de este modo el proceso regenerador nocturno. Esto es el causante de trastornos como insomnios, cambios de comportamiento y humor. También se concluye que hay cada vez un número mayor de datos que evidencian la relación de la disminución de la melatonina con el crecimiento tumoral y el riesgo de padecer cáncer (Moreano C., 2003).

El norteamericano Wilson Barry, investigador de los laboratorios *Battelle Pacific Northwest*, demostró que con una exposición de un mes a campos magnéticos de muy baja frecuencia el nivel de melatonina en ratas se reducía un 40%; sin embargo, una vez retirada la exposición los niveles volvían a estabilizarse. Según Barry estas alteraciones de ciclo de la melatonina provocan depresión y fatiga. Por otra parte, explica que hay que tener en cuenta que la melatonina estimula el sistema inmunológico y modula la función de los órganos endocrinos: las gónadas, la pituitaria, el timo y el hipotálamo. De esta manera se deduce que la reducción de los niveles de melatonina es el motivo del aumento del riesgo de contraer cáncer en las personas sometidas a campos electromagnéticos a bajas frecuencias (De La Rosa, 2014).

Por otra parte, también se han realizado varios estudios donde se han revelado problemas en los espermatozoides en hombres expuestos a campos electromagnéticos. En 1975 Varma, realizó el estudio “Efectos biológicos de las radiaciones de microondas sobre los tejidos testiculares de ratones machos”; estos ratones fueron expuestos a radiaciones entre 1.7 a 3.0 GHz, demostrando graves cambios en la morfología. El estudio indica que la radiación ionizante de 1.7 GHz altera la espermatogénesis (Troya Mosquera & Zabala Niño, 2008).

En 1996 Tablado L, Pérez Sánchez F y Soler C., realizaron un estudio con ratones: “¿Esta la movilidad del semen afectado por los campos magnéticos?”; donde se analizó los espermatozoides de los animales y no se observó ningún cambio en los testículos al ser pesados, después de la exposición al campo magnético (Troya Mosquera & Zabala Niño, 2008).

En un artículo publicado en el año 2016 por la revista Internacional de Aplicaciones Informáticas: “ *A Study on Environmental Effect of Electromagnetic Waves*” (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016), se hace referencia a varios estudios realizados por diferentes autores, donde se discute si la radiación electromagnética afecta la salud humana.

En un primer informe publicado en 1989, se ha argumentado los efectos biológicos de los campos eléctricos y magnéticos. Por otro lado, en el segundo informe publicado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) en 1990, se ha abordado el impacto de los campos electromagnéticos en las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

enfermedades del cáncer. En el informe publicado en 1992 por CIRRPC (Comité Interinstitucional de Investigación sobre Radiación y Coordinación de Políticas), se ha defendido que no hay un impacto negativo de campos electromagnéticos en la salud humana. En 1996 la Academia Nacional de Ciencias (NAS) realiza una publicación donde apoya lo expuesto en 1992 por CIRRPC y defiende la idea de que los campos electromagnéticos no tienen un impacto negativo en la salud humana (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016).

En un estudio realizado por Aggarwal y Gupta en el año 2011, mencionaron que los científicos no pudieron demostrar el hecho de que las ondas electromagnéticas causan cambios en los genes humanos o la fisiología celular; pero al final de la investigación pudieron demostrar que las ondas electromagnéticas matan a las neuronas y como resultado podrían causar algunos desordenes tales como ataques repentinos. También se ha mencionado que las ondas electromagnéticas fisiológicamente causan estrés en el cuerpo humano y absorben las proteínas en el ser humano (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016).

En el año 2012, Aghaei realizó una investigación sobre el impacto de la REM (Radiación electromagnética) en la salud humana. Con dicho estudio pudo diferenciar los efectos de la radiación de acuerdo a si la radiación es ionizante o no ionizante. El hallazgo más importante obtenido de los resultados de la evaluación es que todo tipo de radiación, en particular la radiación causada por microondas da lugar a serios daños en la estructura humana. Los más notables de estos daños son: trastornos del sistema nervioso, enfermedades cardíacas, trastornos del sistema inmunitario, trastornos de los ritmos circadianos, desequilibrios hormonales, cambios en la frecuencia cardíaca y la presión arterial, etc. (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016).

Akbal y Balik en el 2013 evaluaron los efectos de las ondas electromagnéticas en la salud humana desde una perspectiva diferente y han realizado una investigación sobre los efectos antibacterianos de las ondas electromagnéticas. Con el resultado de estos estudios descubrieron que las ondas electromagnéticas impiden el crecimiento de microorganismos. Por lo tanto, demostraron que además de sus impactos negativos en la salud humana, las ondas electromagnéticas aplicadas correctamente se pueden utilizar en el tratamiento de algunas enfermedades (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016).

En el 2014 en un informe preparado por Lai, se realizó nuevamente un estudio sobre los efectos genéticos de los campos electromagnéticos no ionizantes, donde afirmaron que el 82% de los estudios realizados hasta 2014, aducen que el campo electromagnético tiene un impacto negativo en la genética. Otro estudio realizado en este mismo año "*Protective measures to minimize the electromagnetic radiation*", discute que la radiación electromagnética tiene una amplia y creciente influencia nociva relacionada con el tiempo de exposición, y que como resultado es necesario prevenirla para evitar sus efectos nocivos en el cuerpo humano (Gulagiz, Goz, & Kavak, 2016).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Según el artículo “Exposición a campos electromagnéticos en un servicio de rehabilitación” (Granados Arroyo & Gracia Pando, 2007), se describen diferentes efectos adversos atribuidos a CEM, como los referidos a la corriente de contacto, que cuando es de gran intensidad puede causar desde pequeños estímulos musculares o nerviosos hasta a graves arritmias, e incluso la muerte; sin embargo, no se ha podido demostrar evidencia de que los CEM causen Hipersensibilidad Electromagnética y puedan provocar alguno efectos nocivos en la salud, por tal motivo según los resultados descritos en este artículo no hay constancia de que la exposición a los campos electromagnéticos no ionizantes cause directamente daño en las moléculas de los seres vivos, y en particular en su ADN. En este artículo se atribuye también la aparición de cataratas en los ojos debido al calor por inducción de corrientes intensas; sin embargo, no existe evidencia científica de estos efectos, lo que induce que estas exposiciones no suponen riesgo para la salud de los trabajadores expuestos a CEM.

Según el artículo “*Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health*” (Ahlbom, y otros, 2001) se ha estudiado la exposición de CEM en entornos ocupacionales; de este estudio surge una preocupación debido a que según informes han existido cambios neurológicos en trabajadores de subestaciones eléctricas expuestos a CEM; también observaron casos de trabajadores que fueron diagnosticados con leucemia, sin embargo estas alteraciones están ampliamente relacionadas con el tipo y el nivel de exposición lo cual ha hecho casi imposible relacionar directamente este tipo de enfermedades con la exposición a CEM.

Según el artículo “Exposición ocupacional materna a los campos electromagnéticos antes, durante y después del embarazo en relación con los riesgos de cánceres infantiles” (Sorahan, Hamilton, Gardiner, Hodgson, & Harrington, 1999), existe la preocupación de que la exposición materna a CEM pueda estar relacionada con los riesgos de cáncer infantil, especialmente los riesgos de leucemia; en este artículo fueron plasmados los hallazgos de la encuesta de Oxford sobre cánceres infantiles, muertes entre 1953 y 1981, se revisaron los datos ocupacionales maternos respecto al embarazo de las madres para 15.041 niños que murieron de cáncer en Gran Bretaña en este periodo de tiempo. Según los hallazgos de este estudio no logró demostrarse que la exposición laboral materna a los CEM durante el embarazo sea un factor de riesgo para las leucemias infantiles, los cánceres cerebrales infantiles o la generalidad de todos los cánceres infantiles.

Según un artículo “*Possible effects of electromagnetic fields (EMF) on human health—Opinion of the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks*” (Ahlbom, Bridges, De Seze, & Hillert, 2008), aún no hay una aceptación general donde se llegue a la conclusión de que la exposición a CEM pueda ocasionar algún efecto adverso en la salud humana; debido a que los estudios realizados en animales, principalmente roedores y caracoles expuestos a fuentes de RF, se observaba que las variables de estudio no se alteraban lo suficiente y su estabilización era inmediata. Por tanto, no se proporciona suficiente evidencia de este tipo de afectación; aun después de ahondar en el tema de exposición a CEM, los campos magnéticos siguen provocando incertidumbre en el campo científico, por lo que se debe continuar estudiando los efectos en la salud humana para de esta manera determinar de una manera más acertada si afectan o no a las personas que de algún modo estén expuestas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Según el artículo *“Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin”* (Saliev, Begimbetova, Masoud, & Matkarimov, 2018), en las últimas dos décadas se tiene la gran preocupación de que la exposición a CEM pueda causar trastornos en los órganos reproductores masculinos; en los últimos años se han realizado muchos estudios que han demostrado el efecto de CEM a altas y bajas frecuencias en espermatozoides humanos. En la mayoría de estos estudios, se ha centrado la atención en el examen de la motilidad de los espermatozoides después de la exposición a CEM; Agarwal realizó un estudio sobre los efectos biológicos inducidos por la radiación en el semen humano eyaculado sometido a radiación de RF. Este estudio reveló que la exposición del semen a CEM llevó a una disminución de la motilidad y la fertilidad de los espermatozoides, acompañada de una disminución de la capacidad antioxidante total.

En el año 2011, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer clasificó la radiofrecuencia (RF) electromagnética (CEM) como posible carcinógeno para los humanos; por tal motivo se realizó un estudio en la multinacional INTEROCC basado en los índices de exposición individual a RF, documentado en el artículo: *“Occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields and brain tumor risk in the INTEROCC study: An individualized assessment approach”*; en este estudio se asignaron índices individuales de exposición acumulativa a RF a los participantes del estudio, utilizando una matriz de exposición a la fuente y datos de entrevistas detallados sobre el trabajo con fuentes de CEM cercanas; alrededor del 10% de los participantes del estudio estuvieron expuestos a RF, según los resultados obtenidos no hubo pruebas claras de una asociación positiva entre RF y los tumores cerebrales estudiados, y la mayoría de los resultados no mostraron asociación con el riesgo de meningioma. (Villa, Turner, Figuerola, Bowman, & Cardis, 2018)

En el año 2016 se presentó en el artículo *“Psychological symptoms and health-related quality of life in idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields”*, los resultados de un estudio de los síntomas psicológicos y de la calidad de vida relacionada con la salud, en personas que atribuyen quebrantos de salud a los campos electromagnéticos CEM; este estudio se realizó con el fin de evaluar los síntomas psicológicos de los pacientes analizados, encontrándose puntuaciones significativamente más altas en el comportamiento del grupo expuesto a CEM: obsesivo, compulsivo, hipersensibilidad interpersonal, hostilidad, ansiedad fóbica, pensamientos paranoicos. Además, en este grupo se encontró una menor calidad de vida en relación con la salud, con respecto al funcionamiento físico y social, las limitaciones de los roles físicos y emocionales, la salud general, la vitalidad, el dolor corporal y la salud mental; aunque se necesitan más investigaciones, esa atención debe dirigirse hacia sentimientos de inferioridad e inquietud en las relaciones, así como al manejo de la ira, la hostilidad y el resentimiento hacia otras personas. (Kjellqvist, Palmquist, & Nordin, 2016)

¿Qué ocurre cuando nos exponemos a campos electromagnéticos?

Aunque han existido mitos y paradigmas respecto a la radiación nociva, la exposición a campos electromagnéticos no es algo nuevo; pero desde el siglo XX la exposición ambiental a estos campos electromagnéticos ha aumentado, debido a la demanda eléctrica y al continuo avance y crecimiento tecnológico; todo esto, sumado con los cambios en los hábitos sociales, han generado innumerables fuentes artificiales de campos electromagnéticos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diariamente los seres humanos estamos expuestos a campos eléctricos y magnéticos en nuestro hogar en nuestros lugares de trabajo o simplemente transitando por una avenida, todo esto debido a los electrodomésticos que diariamente utilizamos, a los equipos y emplazamientos de telecomunicaciones y a los equipos industriales.

Los campos magnéticos influyen en el organismo y la intensidad de su corriente depende de la intensidad del campo magnético exterior al cuerpo humano expuesto; si es suficientemente intenso, las corrientes podrían estimular los nervios y músculos o afectar a otros procesos biológicos.

La afectación que estos producen en el organismo no se ve de inmediato, sino que estos se desarrollan y pueden ser observados a futuro (OMS, 1999). Algunos de estos efectos son:

- ✓ Alteraciones celulares, cromosómicas y genéticas.
- ✓ Alteraciones del ritmo cardíaco y de la tensión arterial.
- ✓ Alteraciones del encefalograma.
- ✓ Efectos endocrinos y neuro endocrinos.
- ✓ Efectos hematopoyéticos.
- ✓ Efectos sobre la audición.
- ✓ Efectos sobre la reproducción y el desarrollo.
- ✓ Aumento del eflujo de calcio.
- ✓ Cambios de comportamiento en los individuos
- ✓ Alteraciones del semen
- ✓ Cáncer
- ✓ Leucemia.
- ✓ Desarrollar problemas en el feto en mujeres embarazadas.

2.2. Definiciones y Conceptos

A continuación, a manera de poner en contexto, se dan las principales definiciones referentes a Radiaciones electromagnéticas:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Campos eléctricos: “Cualquier región del espacio en donde una carga eléctrica experimenta una fuerza se llama campo eléctrico, esta fuerza se debe a la presencia de otras cargas en aquella región” (Alonso & J.Finn, 1989).

Campos magnéticos: “Tienen su origen en las corrientes eléctricas; una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe, aunque no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de poder, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual” (OMS, 1999).

En la siguiente tabla, se resumen las principales diferencias entre campos eléctricos y campos electromagnéticos y sus respectivas unidades.

Tabla 1. Comparación entre Campos Eléctricos y Magnéticos. Fuente: (OMS, 1999)

CAMPOS ELECTRICOS	CAMPOS MAGNETICOS
La fuente de los campos eléctricos es la tensión eléctrica (voltaje).	La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica.
Su intensidad se mide en (V/m).	Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada: la densidad de flujo magnético en μT o mt.
Puede existir un campo eléctrico incluso cuando el aparato eléctrico no está en marcha.	Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente.
La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente	La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.
La mayoría de los materiales de construcción protegen en cierta medida de los campos eléctricos.	La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

Radiación: “El fenómeno de la radiación es aquel donde algunas formas de energía afectan la estructura atómica del material de varias maneras. Cuando en un átomo la distancia orbital de los electrones aumenta y se dice que el átomo se encuentra en estado de excitación o inestable. La radiación es emitida bien por el núcleo inestable o por el área orbital inestable del núcleo, y se divide en dos tipos radiación corpuscular y electromagnética” (Grimaldi, 1996).

Radiación ionizante: La longitud de onda y la frecuencia de operación determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las longitudes de onda más altas en energía, es decir las de mayor frecuencia, son las que tienen una mayor penetración, estas radiaciones son infrarroja, rayos X, y rayos gamma; este tipo de radiación penetra de tal forma que es comparada a una bola que derriba

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

los bolos en un juego de boliche. La ionización se produce cuando el equilibrio eléctrico de los átomos se ve alterado de forma abrupta por otra partícula rápida y enérgica que golpea la materia. (Grimaldi, 1996).

Radiación no ionizante: “Las regiones del espectro electromagnético asociadas a radiación no ionizante son las radiaciones del espectro de las microondas, infrarrojos, de la luz visible, las ultravioletas y el láser, las ondas electromagnéticas varían en frecuencia, pero viajan con la misma velocidad, de tal manera que no cuentan con la suficiente energía para romper enlaces moleculares por lo cual su capacidad de penetración es baja.

Las bandas de radiación no ionizante se clasifican según sus longitudes de onda siendo esta también otra característica importante de este tipo de campo magnético.

La radiación no ionizante no produce mucha interacción física con el ser humano debido a que esta no incide la suficiente energía al punto que esta pueda arrancar átomos convirtiendo estos en iones cargados eléctricamente”. (Grimaldi, 1996)

Tipos de radiación:

Ondas electromagnéticas de muy baja frecuencia: El intervalo de frecuencias es de 3 a 30 KHz. Para este tipo de ondas se ve mayor utilización dentro del área del ser humano en los equipos o maquinarias de soldadura por inducción, monitores y pantallas. (Alonso & J.Finn, 1989)

Ultrasonidos: “Sin ondas mecánicas no ionizantes cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano (aproximadamente 20 KHz), utilizados para llevar a cabo procesos no solamente medicinales sino también en la industria textilera al soldar textiles termoplásticos elásticos y rígidos de manera continua mediante un módulo de costura de rueda o por ciclos, mediante sonotrodos verticales”. (Sonotronic, 2018).

Ondas electromagnéticas de radio frecuencia: Estas tienen longitudes de onda que van desde algunos kilómetros a 0.3 m; el intervalo de frecuencias va desde algunos Hz hasta 10^9 Hz; la energía de los fotones va casi desde cero hasta alrededor de 10^{-5} eV. Estas ondas, que se usan en los sistemas de telecomunicaciones, son generadas por medio de dispositivos electrónicos, principalmente circuitos oscilantes; Se entiende por altas frecuencias las ondas electromagnéticas que van desde 30 kHz a 30 GHz. (Alonso & J.Finn, 1989).

Microondas: Las longitudes de onda de las microondas están entre 0.3 m y 10^{-3} m, el intervalo de frecuencias es desde 10^9 Hz hasta 3×10^{11} Hz; la energía de los fotones va desde 10^{-5} eV hasta 10^{-3} eV aproximadamente. Estas ondas se usan en el radar y otros sistemas de comunicaciones, así como también en el análisis de detalles muy finos de la estructura atómica y molecular; se generan también con dispositivos electrónicos. La región de las microondas se suele denominar UHF (del inglés *ultra high frequency*, frecuencias ultra altas, con respecto a las radiofrecuencias). (Alonso & J.Finn, 1989)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Espectro Infrarrojos: Cubre las longitudes de onda entre 10^{-3} m y $7,8 \times 10^{-7}$ m (o 7800 Å); el intervalo de frecuencias es entre 3×10^{11} Hz y 4×10^{14} Hz y la energía de los fotones va desde 10^{-3} eV hasta alrededor de 1,6 eV. Esta región se subdivide en tres rangos: el infrarrojo lejano, de 10^{-3} m a 3×10^{-5} m; el infrarrojo medio, de 3×10^{-5} m a 3×10^{-6} m; y el infrarrojo cercano que se extiende hasta alrededor de $7,8 \times 10^{-7}$ m. Estas ondas son producidas por cuerpos calientes y moléculas, y tienen muchas aplicaciones en la industria, la medicina, la astronomía, etc. (Alonso & J.Finn, 1989)

Luz o espectro visible: Es una banda angosta formada por las longitudes de onda a las cuales nuestra retina es sensible. Se extiende en longitudes de onda desde $7,8 \times 10^{-7}$ m hasta $3,8 \times 10^{-7}$ m y en frecuencias desde 4×10^{14} Hz hasta 8×10^{14} Hz; la energía de los fotones va desde 1,6 eV hasta 3,2 eV aproximadamente. La luz es producida por átomos y moléculas como resultado del ajuste interno del movimiento de sus componentes, principalmente los electrones. (Alonso & J.Finn, 1989)

Rayos ultravioletas: Cubren desde $3,8 \times 10^{-7}$ m hasta alrededor de 6×10^{-10} m, con frecuencias desde 8×10^{14} Hz hasta 3×10^{17} Hz aproximadamente; la energía de los fotones va desde 3 eV hasta 2×10^3 eV aproximadamente. Estas ondas son producidas por átomos y moléculas en descargas eléctricas; su energía es el orden de magnitud de la energía involucrada en muchas reacciones químicas, lo que explica muchos de sus efectos; por ejemplo, el sol es una fuente de radiación ultravioleta muy poderosa. (Alonso & J.Finn, 1989)

Rayos X: Abarca una gama de longitudes de onda entre 10^{-9} m y 6×10^{-12} m aproximadamente, o sea frecuencias entre 3×10^{17} Hz y 5×10^{19} Hz; la energía de los fotones va desde $1,2 \times 10^3$ eV hasta $2,4 \times 10^5$ eV aproximadamente. Los rayos X son producidos por los electrones atómicos más fuertemente ligados. Se usan especialmente para el diagnóstico médico y producen además serios daños en tejidos y organismos vivos como resultados de los procesos químicos que inducen, es por esto por lo que son utilizados en el tratamiento del cáncer. (Alonso & J.Finn, 1989)

Rayos Gamma: "Sus longitudes de onda van desde 10^{-10} m hasta mucho menos de 10^{-14} m. La energía de los fotones va desde 10^4 eV hasta 10^7 eV aproximadamente. La absorción de los rayos gamma puede producir cambios nucleares. Estos rayos son producidos por muchas sustancias radioactivas y están presentes en grandes cantidades en los reactores nucleares. La mayoría de estas sustancias no se absorben fácilmente, pero cuando son absorbidos por organismos vivos producen efectos graves". (Alonso & J.Finn, 1989)

Rayos alfa: "las partículas alfa son núcleos de helio, es decir átomos de He sin su respectiva capa de electrones, constan de dos protones y dos neutrones confinados en un volumen equivalente al de una esfera de 10^{-5} m de radio. Son partículas muy pesadas, casi 8000 veces más que los electrones y 4 veces más que los protones. Tienen carga positiva (+2) debido a la ausencia de los electrones y son desviadas por campos eléctricos y magnéticos ". (Intef, 2018)

Rayos Beta: "Las partículas beta son electrones moviéndose a gran velocidad (próxima a la de la luz $0,98c = 270000$ km/s). Inicialmente la radiación beta no fue reconocida como lo que era: un haz de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

electrones. La partícula beta (b) fue identificada como un electrón cuando, aplicando la teoría de la relatividad, se calculó la masa de un electrón en movimiento que coincidía con la de la partícula b. Tiene una masa mayor que la de un electrón en reposo". (Intef, 2018)

Exposición a radiofrecuencias

Los campos eléctricos y magnéticos de una radiación varían sinusoidalmente a una frecuencia f (Hz).

Según (Mestre Rovira, Josep, 1987), la velocidad a la que se desplazan las radiaciones electromagnéticas depende de las constantes físicas: permitividad $\epsilon \left(\frac{F}{m}\right)$ y permeabilidad $\mu \left(\frac{H}{m}\right)$ del medio. En el aire (espacio libre) se cumple que:

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = c \approx 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \quad (1) \quad \text{Velocidad de propagación de la onda radiante}$$

Donde: permitividad absoluta del aire, $\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} = 8.85 \times 10^{-12}$ [farad/m]

permeabilidad absoluta del aire $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$ [henry/m]

La velocidad de propagación (V_p), la frecuencia (f) y la longitud de onda (λ) están relacionadas por la ecuación:

$$\lambda[m] = \frac{V_p}{f} \quad (2) \quad \text{Longitud De onda}$$

Según la teoría cuántica a cada onda electromagnética le corresponde un fotón cuya energía vale

$$W = h \times f \quad (3) \quad \text{Ecuación de Energía}$$

Dónde: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Joule (cte. de Planck) , f = Frecuencia de la radiación (Hz)

La energía fotónica de las radiaciones RF varía entre $1,24 \times 10^{-9}$ eV y $1,24 \times 10^{-3}$ eV, resultando insuficiente para alterar estructuras moleculares. Para ello se precisa una energía diez mil veces mayor (12,4 eV) que se alcanza dentro de la banda ultravioleta ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$).

En la tabla relacionada a continuación se indican las frecuencias y longitudes de onda en el vacío para las distintas bandas del espectro electromagnético. Según las recomendaciones de la UIT esta está dividida en dos según el tipo de radiación ionizante y no ionizante.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2. Espectro Electromagnetico. Fuente: (Mestre Rovira, Josep, 1987)

No Ionizante					Ionizante				
hf < 12.4 eV					hf < 12.4eV				
Subrango Frecuencias	Radio Frecuencias	Microondas	Infra-rojos	Luz visible	Ultra-violetas	Ultra-violetas	Rayos X	Rayos Y	Rayos Cósmicos
0 30Khz	30Khz 1Ghz	1Ghz 300Ghz	300Ghz 385Ghz	385Thz 750Thz	750Thz 3000Thz	3Phz 30Phz	30Phz 300Ehz	3Ehz 3000Ehz	>3000Ehz
∞ 100Km	100Km 300mm	300mm 1mm	1mm 780nm	780nm 400nm	400nm 10nm	100nm 10nm	10nm 1nm	100pm 0.1pm	<0.1pm

N	Banda	F(Hz)	λ(m)	Aplicaciones
11	EHF	300Ghz 30Ghz	1mm 10mm	Comunicaciones diversas Radar de navegación
10	SHF	30Ghz 3Ghz	10mm 100mm	Radar, satélite, Usos industriales Fisioterapia
9	UHF	3Ghz 300Mhz	100mm 1m	Horno Microondas Usos industriales y médicos
8	VHF	300Mhz 30Mhz	1m 10m	Radio FM, TV
7	HF	30Mhz 3Mhz	10m 100m	Soldadura plástica Radio OC
6	MF	3Mhz 300Khz	100m 1Km	Radio AM
5	LF	300Khz 30Khz	1Km 10Km	Calentamiento por inducción
-	ELF	30Khz 0Hz	10Km ∞	Ultrasonidos Técnicas de audio Transporte de energía Eléctrica

N: determina la anchura de cada banda entre $0.3 \cdot 10^N$ - $3 \cdot 10^N$ Hz

Para total entendimiento de la normatividad, se toman las definiciones de la legislación en telecomunicaciones colombiana en cuanto a radiación nociva (Decreto 195, 2005); de allí se extraen textualmente los siguientes conceptos:

Emisor no Intencional: “Dispositivo que genera intencionalmente energía electromagnética para utilización dentro del dispositivo, o que envía energía electromagnética por conducción a otros equipos, pero no destinado a emitir o radiar energía electromagnética por radiación o inducción”.

Emisor Intencional: “Dispositivo que genera y emite intencionalmente energía electromagnética por radiación o por inducción”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estación Radioeléctrica: “Son los elementos físicos que soportan y sostienen las redes de telecomunicaciones. Se componen de equipos transmisores, receptores, elementos radiantes y estructuras de soporte tale como torres, mástiles, azoteas, necesarios para la prestación del servicio o actividad”.

Exposición: “Se produce exposición siempre que una persona está sometida a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos, o a corrientes de contactos distintas de las originadas por procesos fisiológicos en el cuerpo o por otros fenómenos naturales”.

Exposición de público en general: “Aquella donde las personas expuestas a ondas electromagnéticas no formen parte del personal que labora en una estación radioeléctrica determinada, no obstante, están expuestas a las emisiones de campo electromagnético de radiofrecuencia producidas por dichas estaciones”.

Exposición controlada ocupacional: “Aquella en las que las personas están expuestas como consecuencia de su trabajo y en las que las personas expuestas han sido advenidas del potencial de exposición y pueden ejercer control sobre la misma. La exposición contralada/ocupacional también se aplica cuando la exposición es de naturaleza transitorio que resulta del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites no controlados para la población general ya que la persona expuesta ha sido advertida del potencial de exposición y puede controlar ésta por algún medio apropiado”.

Fuente Inherentemente conforme: “Son aquellas que producen campos que cumplen los límites de exposición pertinentes a pocos centímetros de la fuente. No son necesarias precauciones particulares. El criterio para la fuente Inherentemente conforme es una PIRE de 2W o menos. Salvo para antenas de microondas de apertura pequeña y baja ganancia o antenas de Ondas milimétricas cuando la potencia de radiación total de 100 mW o menos podrá ser considerada como inherentemente conforme”.

Límites máximos de exposición: “Valores máximos de las intensidades de campo eléctrico y magnético, o la densidad de potencia asociada con estos campos, a los cuales una persona puede estar expuesta”.

Nivel de decisión: “Nivel de intensidad de campo eléctrico o magnético Correspondiente a la cuarta parte del límite máximo de exposición permitido para el caso respectivo”.

Nivel de emisión: “Valor promedio da la intensidad de campo eléctrico o magnético en la zona ocupacional para una fuente de radiofrecuencia determinada, la cual opera a una frecuencia especifica. Este valor se obtiene con un sistema de medición de banda angosta”.

Nivel de exposición porcentual: “Valor ponderado de campo electromagnético (eléctrico o magnético) producto del aporte de energía de múltiples fuentes de radiofrecuencia en cada una de las posibles

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

zonas de exposición a campos electromagnéticos. Este valor se obtiene con un sistema de medición de banda ancha”.

Hot Spot: “Puntos del espacio en los cuales los niveles de campo son especialmente altos, debido al efecto de la superposición en fase de diversas ondas provenientes de varios lugares”. (Decreto 195, 2005)

Frecuencias ICM: Según la ITU (2018), son las bandas de frecuencias disponibles para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Estas frecuencias están definidas según la ITU de la siguiente manera :

- ✓ CLM 5.138 Las bandas: 6765-6795 kHz (frecuencia central 6780 kHz), 433,05-434,79 MHz (frecuencia central 433,92 MHz) en la Región 1, excepto en los países mencionados en el número 5.280, 61-61,5 GHz (frecuencia central 61,25 GHz), 122-123 GHz (frecuencia central 122,5 GHz), y 244-246 GHz (frecuencia central 245 GHz)

✓ La utilización de estas bandas para las aplicaciones ICM está sujeta a una autorización especial concedida por la administración interesada de acuerdo con las otras administraciones cuyos servicios de radiocomunicación puedan resultar afectados. Al aplicar esta disposición, las administraciones tendrán debidamente en cuenta las últimas Recomendaciones UIT-R pertinentes. (ITU, 2018)

- ✓ CLM 5.150 Las bandas: 13 553-13 567 kHz (frecuencia central 13 560 kHz), 26 957-27 283 kHz (frecuencia central 27 120 kHz), 40,66-40,70 MHz (frecuencia central 40,68 MHz), 902-928 MHz en la Región 2 (frecuencia central 915 MHz), 2 400-2 500 MHz (frecuencia central 2 450 MHz), 5 725-5 875 MHz (frecuencia central 5 800 MHz) 24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz)

Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Los equipos ICM que funcionen en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones del **numeral 15.13 del reglamento de radiocomunicaciones**. Según este, las administraciones adoptarán cuantas medidas prácticas que sean necesarias para que la radiación de los equipos destinados a aplicaciones industriales, científicas y médicas sea mínima y para que, fuera de las bandas destinadas a estos equipos, el nivel de dicha radiación sea tal que no cause interferencia perjudicial al servicio de radiocomunicación y, en particular, a un servicio de radionavegación o cualquier otro servicio de seguridad que funcione de acuerdo con el presente Reglamento. (ITU-R, 2004)

2.3. Normativa para límites de exposición ante la radiación

La legislación vigente en Colombia para todo lo concerniente a las emisiones radioeléctricas, son:

Resolución Número 1645 de 29 de julio de 2005

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La presente Resolución, tiene por objeto reglamentar los artículos 2, 3, 5, 15 y 17 del Decreto 195 de 2005, en cuanto a la definición de las Fuentes Inherentemente conformes, el Formato de Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica, el procedimiento de ayuda para definir el porcentaje de mitigación en el caso de la superación de los límites máximos de exposición, la metodología de medición para evaluar la conformidad de las Estaciones radioeléctricas y los parámetros para las fuentes radiantes con frecuencias menores a 300 MHz.

Esta resolución dispone lo siguiente:

"todas las formas de energía radiante, distintas de las radiaciones ionizantes que se originen en lugares de trabajo, deberán someterse a procedimientos de control para evitar niveles de exposición nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores". (Resolución 1645, 2005)

Decreto 195 de 2005

Este decreto fue elaborado por un grupo de ministros con el fin de establecer los límites de exposición de las personas a CEM, el cual adopta estándares internacionales indicados por la ICNIRP y la ITU.

Este decreto se aplica solamente a quienes presten servicios o actividades de Telecomunicaciones y utilicen una gama de frecuencias entre 9Khz a 300Ghz.

Indica a las empresas delimitar los escenarios de exposición a CEM, esto se debe hacer por medio de letreros o cualquier medio que sea visible, también se deben delimitar las zonas de exposición a CEM según el tipo de exposición ocupacional y público en general, esto se puede observar en la Fig 1, y se explica detalladamente a continuación las zonas de exposición a CEM.

Figura 1. Zonas de exposición a campos electromagnéticos. Fuente: (Decreto 195, 2005)



Estas normas no definen directamente las distancias para la exposición a RF, pero si como calcularlas; estos límites según las recomendaciones de la UIT deben mantener unas distancias de protección

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

respecto a las zonas de acceso al público en general y a las zonas ocupacionales, dadas en función de la frecuencia y del PIRE (o PER) de operación de la estación, de acuerdo con las siguientes tablas:

Tabla 3. Cálculo de distancias mínimas para el cumplimiento de los límites de exposición.

Fuente: (ANE, 2016)

Rango de Frecuencia	Exposición del Público en General	
1 - 10 MHz	$r = 0.10 \sqrt{PIRE} \times f$	$r = 0.129 \sqrt{PER} \times f$
10 – 400 MHz	$r = 0.319 \sqrt{PIRE}$	$r = 0.409 \sqrt{PER}$
400 – 2.000 MHz	$r = 6.38 \sqrt{PIRE}/f$	$r = 8.16 \sqrt{PER}/f$
2.000 – 300.000 MHz	$r = 0.143 \sqrt{PIRE}$	$r = 0.184 \sqrt{PER}$

r - es la mínima distancia al sistema irradiante, en metros.
 f - es la frecuencia, en MHz
 PER - es la potencia radiada efectiva en vatios (W).
 PIRE – es la potencia isotrópica radiada equivalente en la dirección de la máxima ganancia de antena, en vatios (W).

Tabla 4. Cálculo de distancias mínimas para el cumplimiento de los límites de exposición.

Fuente: (ANE, 2016)

Rango de Frecuencia	Exposición Ocupacional	
1 - 10 MHz	$r = 0.0144 \times f \times \sqrt{PIRE}$	$r = 0.0184 \times f \times \sqrt{PER}$
10 – 400 MHz	$r = 0.143 \sqrt{PIRE}$	$r = 0.184 \sqrt{PER}$
400 – 2.000 MHz	$r = 2.92 \sqrt{PIRE}/f$	$r = 3.74 \sqrt{PER}/f$
2.000 – 300.000 MHz	$r = 0.0638 \sqrt{PIRE}$	$r = 0.0819 \sqrt{PER}$

r - es la mínima distancia al sistema irradiante, en metros.
 f - es la frecuencia, en MHz
 PER - es la potencia radiada efectiva en vatios (W).
 PIRE – es la potencia isotrópica radiada equivalente en la dirección de la máxima ganancia de antena, en vatios (W).

Zona de público en general: “En esta zona la exposición potencial al CEM (campo electromagnético) está por debajo de los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general, y por lo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tanto también esta por debajo de límites aplicables a la exposición ocupacional/controlada, y que en el caso de múltiples fuentes el nivel de exposición porcentual es menor al cien por Ciento (100%)”.

Zona ocupacional: “En la zona ocupacional la exposición potencial al CEM está por debajo de los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional, pero sobrepasa los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general”.

Zona de rebasamiento: “En la zona de rebasamiento la exposición potencial al CEM sobrepasa los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional y a la exposición no controlada del público en general”. Estos escenarios de exposición tienen unos límites según su frecuencia de operación, que se ilustran a continuación en la norma UIT – K52 en la tabla 3, y que quedan sujetos a la legislación colombiana (Decreto 195, 2005).

Según la legislación vigente en Colombia (Decreto 195, 2005) “todas las formas de energía radiante, distintas de las radiaciones ionizantes que se originen en lugares de trabajo deberán someterse a procedimientos de control para evitar niveles de exposición nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores”.

NORMAS INTERNACIONALES PARA LA RADIACION NOCIVA

Norma UIT-k52

Su finalidad es facilitar el cumplimiento de las instalaciones de Telecomunicaciones a los límites de seguridad cuando existe exposición de personas a campos electromagnéticos. Su principal objetivo es presentar técnicas y procedimientos para evaluar el cumplimiento de estas instalaciones, estas recomendaciones aplican para la gama de frecuencias de 9KHZ a 300GHZ.

Ayuda a las personas y usuarios a determinar la probabilidad de que las instalaciones sean conformes basándose en criterios de accesibilidad.

Evalúa la gravedad de la exposición a CEM para de esta manera limitar la exposición a los CEM que sobrepasan los límites. (Recomendación UIT-T K.52, 2000)

En la siguiente tabla se muestran los límites básicos de la norma según la ICNIRP.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 5. Límites básicos de la ICNIRP. Fuente: (Recomendación UIT-T K.52, 2000).

Tipo de exposición	Gama de frecuencias	Densidad de corriente en la cabeza y el tronco (mA/m ²) (valor eficaz)	SAR media en todo el cuerpo (W/kg)	SAR localizada (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizada (extremidades) (W/kg)
Ocupacional	Hasta 1 Hz	40			
	1-4 Hz	40/f			
	4 Hz-1 kHz	10			
	1-100 kHz	f /100			
	100 kHz-10 MHz	f /100	0,4	10	20
	10 MHz-10 GHz		0,4	10	20
Público en general	Hasta 1 Hz	8			
	1-4 Hz	8/f			
	4 Hz-1 kHz	2			
	1-100 kHz	f /500			
	100 kHz-10 MHz	f /500	0,08	2	4
	10 MHz-10 GHz		0,08	2	4

NOTA 1 – f es la frecuencia en hertzios.

NOTA 2 – Debido a la inhomogeneidad eléctrica del cuerpo, las densidades de corriente deben promediarse en una sección de corte de 1 cm² perpendicular a la dirección de la corriente.

NOTA 3 – Todo el valor de la tasa de absorción específica (SAR) han de promediarse en cualquier periodo de 6 minutos.

NOTA 4 – La masa de promediación de la SAR localizada es cualesquiera 10 g de tejido contiguo; la máxima SAR así obtenida debe ser el valor utilizado para estimación de la exposición.

Norma UIT-k61

“Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas”. Fue publicada en septiembre de 2003 y modificada en febrero de 2008. Si bien esta recomendación se encuentra obsoleta actualmente, esta recomendación ha sido la base para otras recomendaciones. (CRC, 2016)

Norma UIT-k70

“Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones”. Fue publicada en junio de 2007 y el software relacionado ha sido actualizado en abril de 2016. (CRC, 2016)

Norma UIT-k83

“Técnicas de monitoreo de la intensidad de campo de los campos electromagnéticos”. Fue publicada en marzo de 2011. (CRC, 2016)

Norma UIT-k100

“Medición de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia para determinar el cumplimiento de los límites de exposición de las personas cuando se pone en servicio una estación de base”, publicada en diciembre de 2014. (CRC, 2016)

Grupo UIT-T SG5

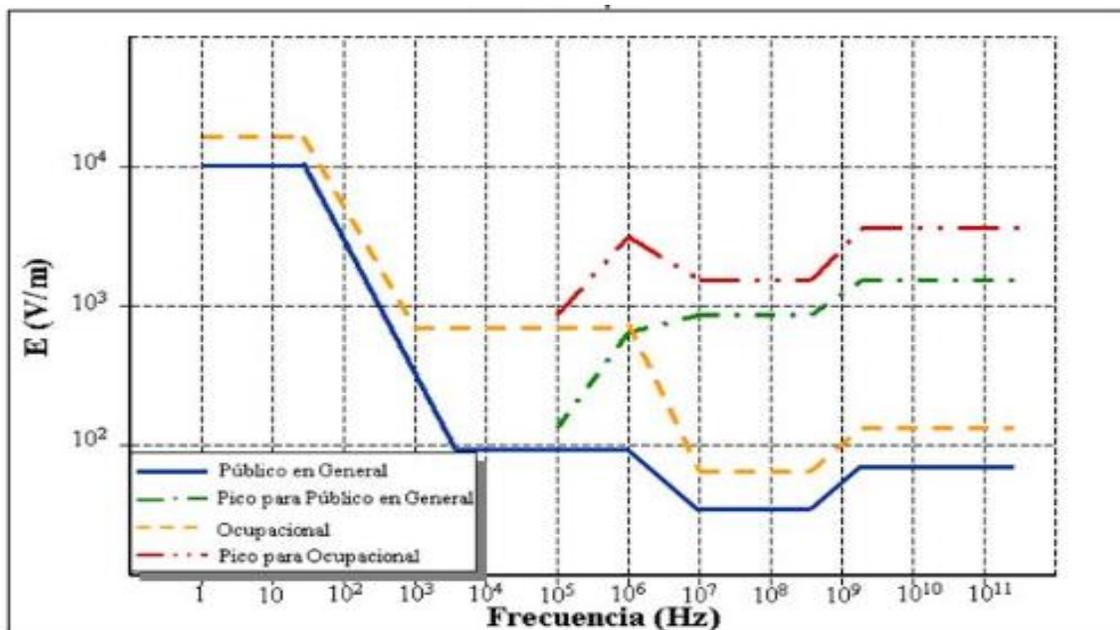
La UIT y la OMS se han unido para formar la Comisión de Estudio Cinco del Sector de Estandarización de la UIT (ITU-T SG5: “Protección contra Efectos de Ambientes Electromagnéticos”), en el cual se realizan permanentes análisis de temáticas afines. Este Grupo cuenta con la participación de la Comisión Internacional de la Protección de emisiones no ionizantes, ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), perteneciente a la Asociación Internacional de Radioprotección, IRPA (*International Radioprotection Association*). (CRC, 2016)

Niveles de referencia ICNIRP para exposición a campos

A continuación, se muestran los niveles y límites de referencia para campos eléctricos y magnéticos vs. frecuencia, según documentación de la ICNIRP, adaptado de la recomendación UIT-T K.52.

Figura 2. Niveles de Referencia ICNIRP para exposición a campos eléctricos.

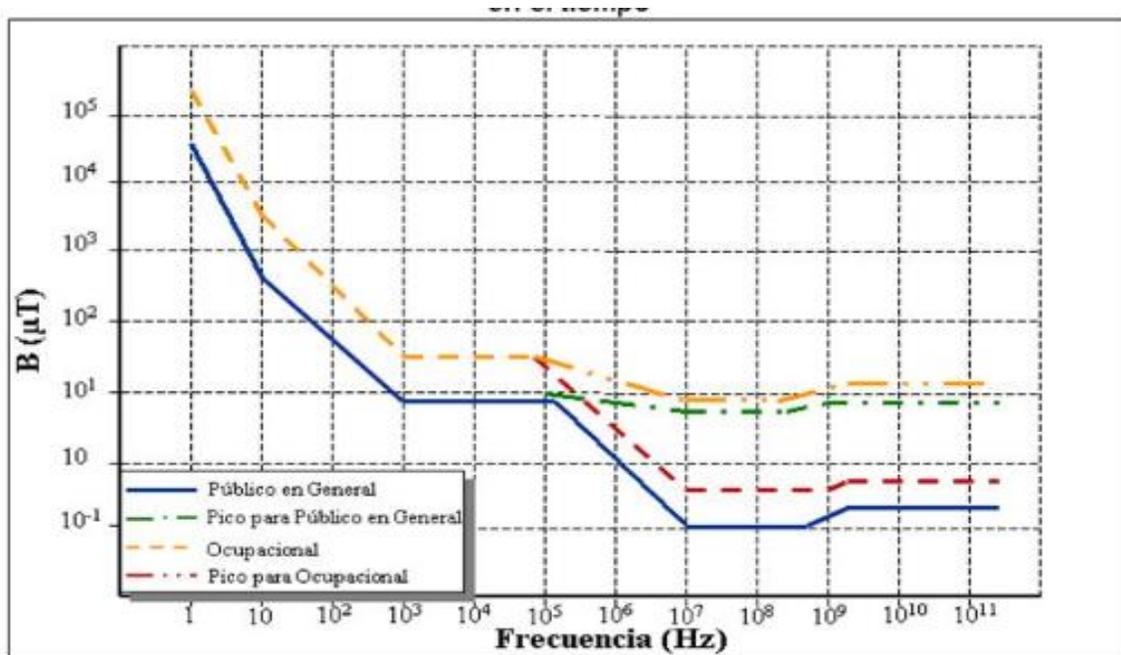
Fuente: (ICNIRP, 1998)



Analizando la figura anterior para el público en general y el público ocupacional se logra evidenciar que la menor intensidad de campo eléctrico en (V/m) se logra en las frecuencias entre 10Mhz a 800 Mhz aproximadamente lo que indica que entre estas frecuencias es menor el riesgo con respecto a la exposición de Campos eléctricos

Figura 3. Niveles de Referencia ICNIRP para exposición a campos magnéticos.

Fuente: (ICNIRP, 1998)



Analizando la figura anterior para el público en general y el público ocupacional se logra evidenciar que la menor intensidad de campo magnético en (μT) se logra en las frecuencias entre 10Mhz a 800 Mhz aproximadamente, lo que indica que entre estas frecuencias es menor el riesgo con respecto a la exposición de Campos magnéticos

2.4 Aplicaciones industriales de la radiofrecuencia (RF)

De acuerdo con (Picouet & Del Valle, 2005), el calentamiento por ondas electromagnéticas de baja energía ya sea por microondas o radiofrecuencias, se basa en la agitación de las moléculas polares, como es el caso de las moléculas de agua, presentes en los alimentos u otros productos. Ambos calentamientos se diferencian entre sí por la frecuencia a la que operan y por la forma de generar el calor.

Las ondas electromagnéticas tienen un gran potencial dentro de los diferentes tipos de tecnología una de ellas es el tratamiento de productos alimenticios y es utilizada tanto en el ámbito doméstico (hornos microondas), como comercial. En el caso de la industria alimentaria, el uso de las microondas y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

radiofrecuencias es todavía escaso debido a la necesidad de equipos y personal especializado; la poca aplicación de estas tecnologías tiene relación con la falta de conocimiento en el tema del calentamiento endógeno por altas frecuencias.

Para el alcance de este trabajo nos concentraremos en el calentamiento por radiofrecuencias (RF). En el ámbito industrial la aplicación y utilización de las radiofrecuencias se puede encontrar en una gran cantidad de procesos (Rowley, 2001; Regier y Schubert, 2001); como por ejemplo la vulcanización y fusión de plásticos y polímeros; el secado de madera, tejidos y papel; estudios de caracterización de la madera; deshidratación de alimentos, frutas y especias; entre otros. Los procesos realizados con altas frecuencias, por ejemplo, con microondas, tienen mejores resultados, pero sin embargo como se comentó anteriormente, es desventajoso para los países en vía de desarrollo debido al costo del equipo y a la necesidad de tener personal cualificado para su mantenimiento y operación; por esto, pocas empresas quieren invertir en estas tecnologías (Picouet & Del Valle, 2005).

Calentamiento de materiales por radiofrecuencias

“Las RF son generadas mediante un sistema de electrodos (aplicador) acoplados a un generador alternativo cuya frecuencia es controlada por un sintonizador. En el caso de las RF, existen dos tecnologías para llevar la potencia eléctrica al aplicador. La primera tecnología es la llamada tecnología convencional, donde el generador y el sintonizador se sitúan a menos de un metro del aplicador. La segunda tecnología, llamada 50 ohm, presenta el generador a varios metros del aplicador, y utiliza un sintonizador más complejo que, además, es más caro que el que se usa en la tecnología convencional” (Picouet & Del Valle, 2005)

Las energías de radiofrecuencia RF (13.56, 27.12 y 40.68 MHz) se han aplicado al sector AgroFood en laboratorios y a nivel industrial. Por ejemplo, en el artículo “*Application of Microwave and RF in food processing, microorganisms and pest control*”, se documenta un estudio donde la energía de RF se utiliza como un medio para controlar por calentamiento los insectos postcosecha y secar rápidamente algunas frutas con corteza dura (almendras, nueces, avellanas), manteniendo la calidad y las propiedades sensoriales de estos (color, olor y sabor característico). (Poltronieri, Santino, Ciarmiello, & Hubert, 2009)

Como se explicó anteriormente, de las definiciones de la UIT acogidas por la legislación colombiana en Telecomunicaciones, esta clase de equipamientos utilizados para aplicaciones industriales de la RF no concernientes a sistemas de comunicaciones, son clasificados como emisores no intencionales, por lo que le es permitido utilizar radiofrecuencias en las bandas ICM, con las precauciones dadas en las normas internacionales, por ejemplo, la UIT – K52. A continuación, en la tabla 4 se relacionan las bandas ISM de radiofrecuencia autorizadas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 6. Bandas ISM autorizadas. Fuente: (Picouet & Del Valle, 2005)

Radiofrecuencias	Longitud de onda	Homogeneidad de la onda
40,66-40,70 MHz	0,330-0,323 m	5,4 cm
26,96-27,28 MHz	0,125-0,121 m	2,0 cm
13,55-13,57 MHz	0,052-0,051 m	0,9 cm

Algunas de los procesos industriales llevados a cabo con RF, son:

Pasteurización: La pasteurización consiste en someter un líquido a altas temperaturas durante un corto periodo de tiempo para después enfriarlo rápidamente con el fin de destruir los microorganismos sin alterar el producto y sus cualidades; por tal motivo el hecho de con altas frecuencias se puedan alcanzar temperaturas muy elevadas en un lapso muy corto convierte esta tecnología en una gran alternativa para este tipo de procesos y aplicaciones (Picouet & Del Valle, 2005).

En la actualidad la industria de la pasteurización todavía utiliza el intercambiador de calor para eliminar las bacterias de la leche, causando enfermedades de todo tipo, debido a que el proceso de calentamiento exógeno no es el mejor, pues si en este método la temperatura es demasiado alta la comida habrá perdido valor nutricional entonces. Por tal motivo en países industrializados se realiza la implementación del proceso de pasteurización por RF, por medio del cual se rompe las membranas celulares de las bacterias produciendo una eficacia del proceso hasta del 99.5 %, lo que garantiza un proceso de pasteurizado aséptico, pero principalmente sin afectar la materia prima de los alimentos; para este proceso es utilizada una frecuencia de operación de 27.12 MHz y una temperatura aproximada de 65 °C. (Srisuma, Santalunai, Thosdeekoraphat, & Thongsopa, 2017)

Dice este estudio que “Los métodos tradicionales de pasteurización utilizan circulación de aire caliente, goteo de agua caliente o inyección directa de vapor en el gabinete de tratamiento o túnel para calentar los alimentos envasados. El aumento de temperatura del producto es lento y no uniforme debido a la mala conductividad térmica del material de empaque, del aire o la atmósfera modificada contenida en el paquete y dentro del sustrato alimenticio. Para alcanzar un nivel de temperatura dado en el punto más frío del producto, se requiere un tiempo de calentamiento proporcionalmente largo, que afecta en particular a las capas externas de alimentos que están más expuestas al calor. En consecuencia, el producto pierde su calidad en términos de características sensoriales (color, sabor, textura, etc.) y nutricionales”. Los inconvenientes de los métodos de pasteurización convencionales se pueden evitar gracias a la capacidad de la RF para generar rápidamente calor volumétrico dentro del producto; el proceso de calentamiento es rápido, uniforme y controlado, por lo que se minimiza el deterioro del producto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los equipos de pasteurización más frecuentemente utilizados son los pasteurizadores industriales de marca Stalam, debido a que esta fue la primera empresa en desarrollar un equipo de pasterización industrial por RF para los productos embalados, como panes, pastas frescas y leche. (Stalam, 2018)

Descongelación: Consiste en llevar un producto desde $-30\text{ }^{\circ}\text{C}/-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $-5\text{ }^{\circ}\text{C}/-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La utilización de tratamientos de descongelación convencionales es bastante larga y tediosa ya que para descongelar cualquier tipo de producto puede tardarse hasta 24 horas, haciendo que pierdan su composición natural y sus cualidades. Utilizando RF el tiempo de descongelamiento se reduce significativamente; por ejemplo, en el caso de un bloque de carne de cerdo, con un equipo de radiofrecuencia a una frecuencia de 27,12 MHz el tiempo de descongelación puede ser menor a ocho minutos (Picouet & Del Valle, 2005).

Se puede utilizar RF a una frecuencia fija para calentar o descongelar productos alimenticios. Según (Cottee & Duncan, 2003), esto se puede realizar con Hornos de RF, donde se utiliza un circuito de acople de la impedancia del horno que garantiza máxima transferencia de potencia entre el generador, la línea de transmisión hacia la cámara de secado y la carga (los alimentos); un circuito de control mide la señal de RF reflejada y ajusta la configuración de los componentes en el circuito correspondiente.

A continuación, se da un ejemplo de un prototipo de equipo utilizado para este proceso así también como su potencia, velocidad y frecuencia de operación:

Este quipo es un horno que hace las veces de controlador de conmutación, las dimensiones internas del horno son 400x500x510 mm y tienen doble revestimiento para aislamiento de la RF. El inductor que forma parte del circuito de acople está hecho de una tira de cobre enrollada de 30 mm de ancho por 1 mm de espesor. La energía es proporcionada por un generador de RF de 50 ohms, que funciona a 27,12 MHz, con una potencia nominal de 1 kW, aunque el generador restringe automáticamente la potencia reflejada, si esta excede los 75 W. Los condensadores variables en el circuito correspondiente se mueven con motores paso a paso, que tienen 200 pasos por vuelta y una velocidad máxima de 7,5 rad /s.

Según el estudio en cuestión, este equipo puede mejorar el proceso de descongelación de alimentos como la carne, sin afectar la materia prima y reduciendo significativamente el tiempo de operación lo que conlleva a un proceso más ágil y útil.

Secado: Otra gran aplicación de las altas frecuencias en procesos industriales es el secado, este proceso es muy utilizado en la industria textil, maderera y papelera; con el secado por RF se busca a nivel de la industria mayores beneficios en la calidad final de los productos y menos perdidas residuales de estos, así como una reducción significativa del tiempo de secado (Rowley, 2001; Regier y Schubert, 2001).

En procesos de secado de cualquier tipo de material mediante radiofrecuencias, la temperatura utilizada es más baja que la correspondiente a la ebullición del agua, eliminándose así el riesgo de debilitamiento del material (Picouet & Del Valle, 2005).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Según un artículo realizado por cuatro estudiantes de la universidad de Carolina Del Norte en Estados Unidos y publicado por la IEEE (Mock, Graham, Crabtree, Moore, & Pai, 1989), la industria textil es una de las que más energía consume en el mundo; alrededor del 70 al 90% de esta energía se utiliza en el secado de productos húmedos. Normalmente este secado convencional se realiza en cámaras de vapor, carpas y secadoras que tienen una eficiencia energética global de alrededor del 30%. Mientras estos métodos son muy eficientes durante la fase inicial de secado, se vuelven muy ineficientes cuando el nivel de humedad es inferior al 35 %; en contraposición el secado por radiofrecuencia es un tipo de calentamiento dieléctrico cuya eficiencia al momento del secado y al momento de la eliminación de la humedad es de aproximadamente del 50 al 60%.

El secado por RF es una técnica en la que el material a secar se somete a un campo eléctrico de alta frecuencia generado entre un conjunto de placas paralelas o electrodos (también llamados aplicadores) por un generador de radiofrecuencia de alto voltaje. El equipo de secado por RF más común utilizado en la industria textil es el tipo de aplicador de placas paralelas. Mientras que las frecuencias de operación estándar especificadas por el acuerdo internacional para uso industrial, científico y médico (ISM), son: 13.56 MHz (+/-) 0.05%, 27.12 MHz (+/-) 0.6% y 40.68 MHz (+/-) 0.05%.; siendo mayormente utilizadas las dos primeras.

Otro equipo de secado por RF utilizado es el sistema de electrodos Strayfield, el cual es una configuración alternativa aplicable al secado de sustratos delgados como por ejemplo el hilo y las telas. Este sistema consiste en una serie de barras paralelas de carga opuesta, por lo que el campo de RF se genera entre barras en lugar de a través de placas. El material a calentar se pasa a través de las barras por mecanismos como bandas transportadoras.

Con respecto al secado de madera según estudios realizados el método de secado por RF se basa principalmente en generar una radiación de alta frecuencia y cierta potencia sobre el material, provocando que las moléculas de agua que se encuentran en su interior sean excitadas de tal forma que por fricción se produzca el calor necesario para evaporarlas, de adentro del material hacia afuera, por conducción iónica; esto permite un secado homogéneo, poco invasivo al material y en menor tiempo, respecto a los métodos exógenos de secado convencional; su principal ventaja es que seca el material uniformemente por lo que el producto final resulta de óptima calidad. Existen tres tipos de secado por RF: el secado por Tecnología de 50Ω, secado por radio Frecuencia asistida por bomba de calor y el secado híbrido RF y Vacío (RF/V); generalmente en los tres tipos de secado se utilizan frecuencias de operación entre 3 a 50 MHz. (Montes Granada, 2012)

Según el artículo obtenido de la base de datos IEEE Explorer, “*Radio-frequency drying of non-metallic materials*” (Lawton, 1976), se ha logrado establecer con respecto al secado de papel que el uso de RF puede mejorar tanto la velocidad, como la calidad y la eficiencia de las operaciones de secado, reduciendo así costos por desperdicio de producto, desperdicio de energía y el tiempo de inactividad en posteriores tratamientos. Sin embargo, es esencial que el aplicador sea adaptado al proceso y que se tomen en cuenta las características de cada material como por ejemplo su inflamabilidad debido a que los equipos RF son altamente incendiarios. Las frecuencias de operación estándar especificadas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

para este tipo uso, prácticamente las mismas ISM que para otros secadores de RF, operando principalmente en la frecuencia de 27.12 MHz.

También se han utilizado procesos de RF en el secado de almendras, nueces, pistachos y avellanas; la energía de radiofrecuencia (RF) y sus tecnologías asociadas, son potencialmente prometedoras para ser aplicadas en el sector agrícola y a nivel de industria (Poltronieri, Santino, Ciarmiello, & Hubert, 2009). La energía de RF se ha utilizado como medios para calentar rápidamente estos frutos secos comestibles, a fin de controlar insectos pos-cosecha, en un proceso eficiente capaz de mantener su calidad gustativa y otras propiedades sensoriales. Varias industrias alimenticias, como frutos secos, jamón, salchichas y productos lácteos, están sujetos a infestación de ácaros y contaminación con bacterias y hongos xilófagos, no solo nocivos para la salud en algunos casos, sino que además provocan un cambio en las propiedades sensoriales y en el decremento de la calidad de los alimentos almacenados. Además, en el proceso de secado por RF se reduce rápidamente el contenido de humedad, contribuyendo a inhibir la actividad de las enzimas involucradas en la peroxidación lipídica, asegurando no solo una extensión de la vida útil, sino también la preservación de las propiedades sensoriales y la calidad de las producciones alimentarias durante el almacenamiento.

En conjunto, estos datos muestran el potencial de energías de microondas y de RF como tecnologías adecuadas para el procesado de alimentos, desacelerando los procesos oxidativos y extendiendo la vida útil en el contexto de la industria agroalimentaria sostenible. (Poltronieri, Santino, Ciarmiello, & Hubert, 2009)

2.5 Conceptos y modelos de Vigilancia tecnológica (VT)

Como parte del alcance de este proyecto es investigar acerca de si se están utilizando técnicas y equipos de secado por RF en la industria de Medellín, información muchas veces clasificada como confidencial por parte de las empresas, surge la necesidad de utilizar herramientas de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Iniciamos por dar definiciones de importancia:

Vigilancia tecnológica: Proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (AENOR, 2011) (Palop & Vicente, 1999).

Inteligencia competitiva: Proceso ético y sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente de negocios, de los competidores y de la propia organización, y comunicación de su significado e implicaciones destinadas a la toma de decisiones (AENOR, 2011).

En la siguiente tabla encontraremos una pequeña definición de los tipos de Vigilancia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 7. Tipos de Vigilancia. Fuente: (Porter, 1979)

Competitiva	Tecnológica	Comercial	Del Entorno
Análisis y seguimiento de competidores actuales o potenciales	Contempla los avances científicos y técnicos, fruto de la I+D	Análisis de los datos referentes a productos, mercados, clientes y proveedores	Contempla la detección de aquellos hechos exteriores que pueden condicionar el mercado.

Fuentes de información: Las fuentes de información que se utilizan en los procesos de vigilancia e Inteligencia se pueden dividir en:

Tabla 8. Fuentes de información VT. Fuente: (Porter, 1979)

Fuentes Formales	Fuentes Informales
Libros	Los competidores
Internet	Los proveedores
Patentes	Los clientes
Revistas	Las empresas
Normas	Los congresos, seminarios, jornadas, ferias y exposiciones
Periódicos	Las fuentes internas de la organización.
Bases de datos, en particular las de patentes, publicaciones científicas y artículos técnicos, proyectos de I+D+i, entre otras.	

Metodologías de la vigilancia tecnológica:

Existen diferentes autores que definen y exponen el concepto de vigilancia tecnológica; dependiendo de su implementación cada uno presenta una metodología diferente, a continuación, se relacionaran las metodologías más relevantes y representativas.

- **Modelo de Malaver y Vargas (2007).**

Este modelo fue aplicado en la investigación “Creación e implementación de cinco unidades sectoriales de vigilancia tecnológica en Bogotá y Cundinamarca” (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014), cuyo propósito consistió en lograr que los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) tuvieran la capacidad para ofrecer nuevos servicios, a través de la realización de ejercicios de vigilancia tecnológica enfocados al sector empresarial.

A continuación, se describen las cinco etapas que conforman este modelo, ilustrado gráficamente en la figura 4.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Planeación - Diagnóstico Estratégico: En esta etapa se identifican los FCV (factores críticos de la vigilancia) y se establece el alcance del modelo de vigilancia, para definir recursos y responsables.

Búsqueda y Captación de Información: Su principal objetivo es obtener e identificar las fuentes de información tecnológica y humana que permitan satisfacer los objetivos planteados; se relacionan las principales actividades que se deben llevar a cabo:

- ✓ Identificación de las palabras claves.
- ✓ Validación por expertos
- ✓ Identificación y selección de las fuentes de información relevantes.
- ✓ Formulación de la ecuación de búsqueda
- ✓ Elaboración del corpus.

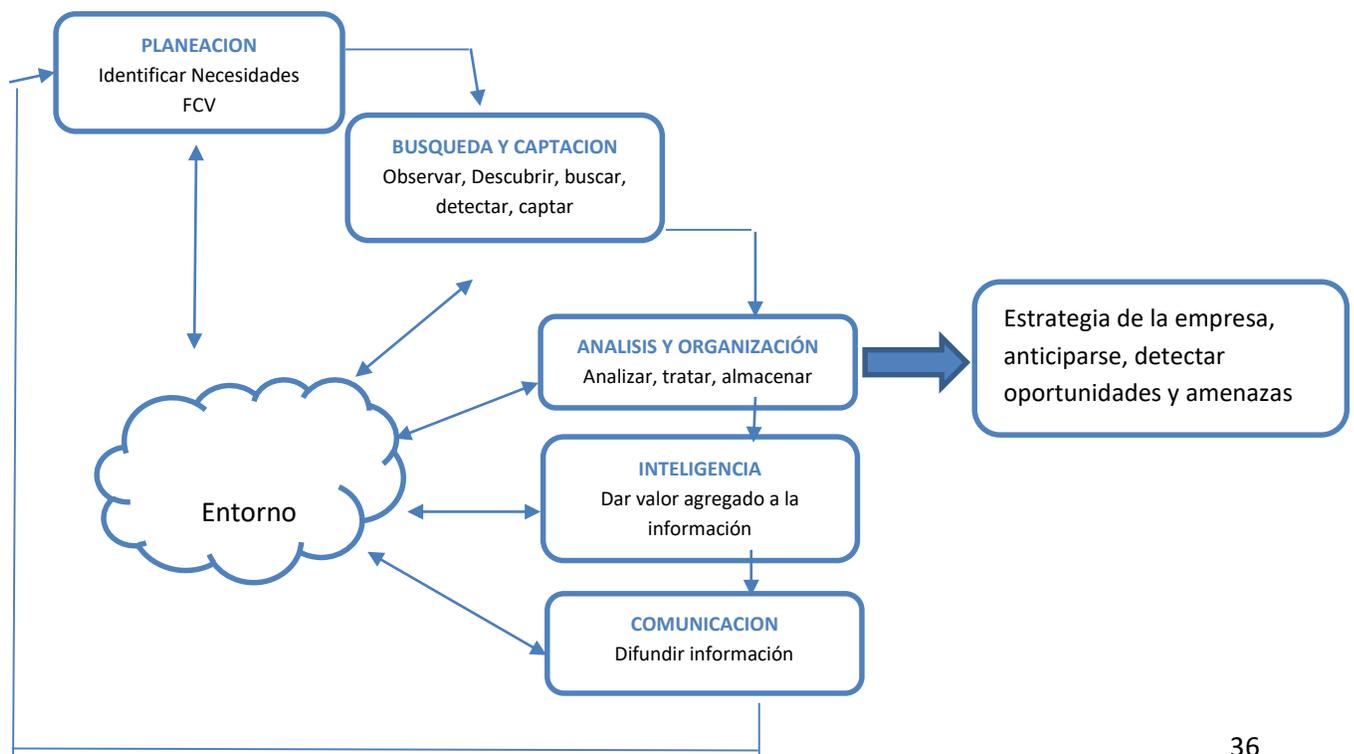
Análisis y Organización de la Información: El objetivo principal de esta etapa es el análisis y procesamiento de la información obtenida en la etapa anterior.

Inteligencia (interpretación de los resultados): En esta etapa se interpreta la información obtenida y procesada.

Comunicación de los Resultados: En esta última etapa del ciclo se difunden los resultados de la información que se analizó y se procede con la formulación de propuestas.

Figura 4. Ciclo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva.

Fuente: (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014)



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Metodología de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva por Sánchez y Palop.**

Esta metodología comprende a toda la organización y el entorno, involucrándola con distintas responsabilidades y tareas. Esta metodología incluye cinco etapas: planeación, búsqueda y captación, análisis y organización, inteligencia y comunicación, describiendo la etapa de planeación que comprende la identificación de necesidades y fuentes de información. El objetivo de la etapa de búsqueda y captación es la identificación y determinación de los recursos disponibles, la cual contiene actividades como: observar, descubrir, buscar, detectar, recolectar y captar. En la siguiente etapa, se analiza, trata y almacena la información. Luego se le da un valor añadido a la información, buscando incidir en la estrategia de la organización; y por último, se comunica a los directivos de la organización, se difunde la información y se transfiere el conocimiento (ver la figura 4) (Bollás Sanchez & Valencia Perez, 2017).

- **Modelo de Colciencias – TRIZ XXI (2006)**

En la revisión de literatura se encontró el modelo de vigilancia y prospectiva tecnológica aplicado en los centros de investigación de excelencia en Colombia propuesto por Colciencias-TRIZ XXI (2006). Esta habla acerca de la vigilancia del programa Nacional de Prospectiva Tecnológica e Industrial (PNP), que se viene promoviendo desde el año 2015 en los centros de excelencia que existen en el país.

Este modelo tiene como objetivo “orientar las capacidades nacionales en prospectiva y vigilancia tecnológica para el desarrollo de áreas estratégicas de la ciencia, la tecnología y la innovación aplicadas a la economía del conocimiento”. Y de esta manera generar información relevante y condiciones suficientes para el direccionamiento estratégico y la focalización del ámbito científico y tecnológico de los centros de excelencia en Colombia (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014).

Para el desarrollo de los ejercicios piloto de VT, se utilizó el modelo establecido por Colciencias, que consta de cuatro grandes fases:

- Definición de la temática
- Recolección, análisis y validación de la información.
- Elaboración de conclusiones con base en los resultados y análisis realizados.
- Difusión.

- **Modelo de García, Ortoll y López (2011)**

Este ciclo de inteligencia fue encontrado en el trabajo investigativo realizado Alsina Garcia en el año 2011. Su principal objetivo era analizar y describir la aplicación de la inteligencia en las universidades españolas para de esta manera definir su estrategia en el diseño de las titulaciones y adaptarse al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior); también contribuye a la aplicación de otras áreas de gestión como búsqueda de socios para llevar a cabo proyectos, atracción de estudiantes y localización de empresas interesadas en la transferencia tecnológica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se relacionan las fases que conforman este modelo:

Identificación de Necesidades de Información: Aquí se definen los procedimientos que se utilizarán para identificar las necesidades, en esta fase el primer paso es identificar las fuentes de información así mismo como un sistema para disponer de su organización, manipulación y almacenamiento.

Recogida de Información Organización: Se seleccionan las fuentes de información definidas en la fase anterior, en esta se definen los procedimientos que se deben llevar a cabo para de esta manera gestionar la información recogida.

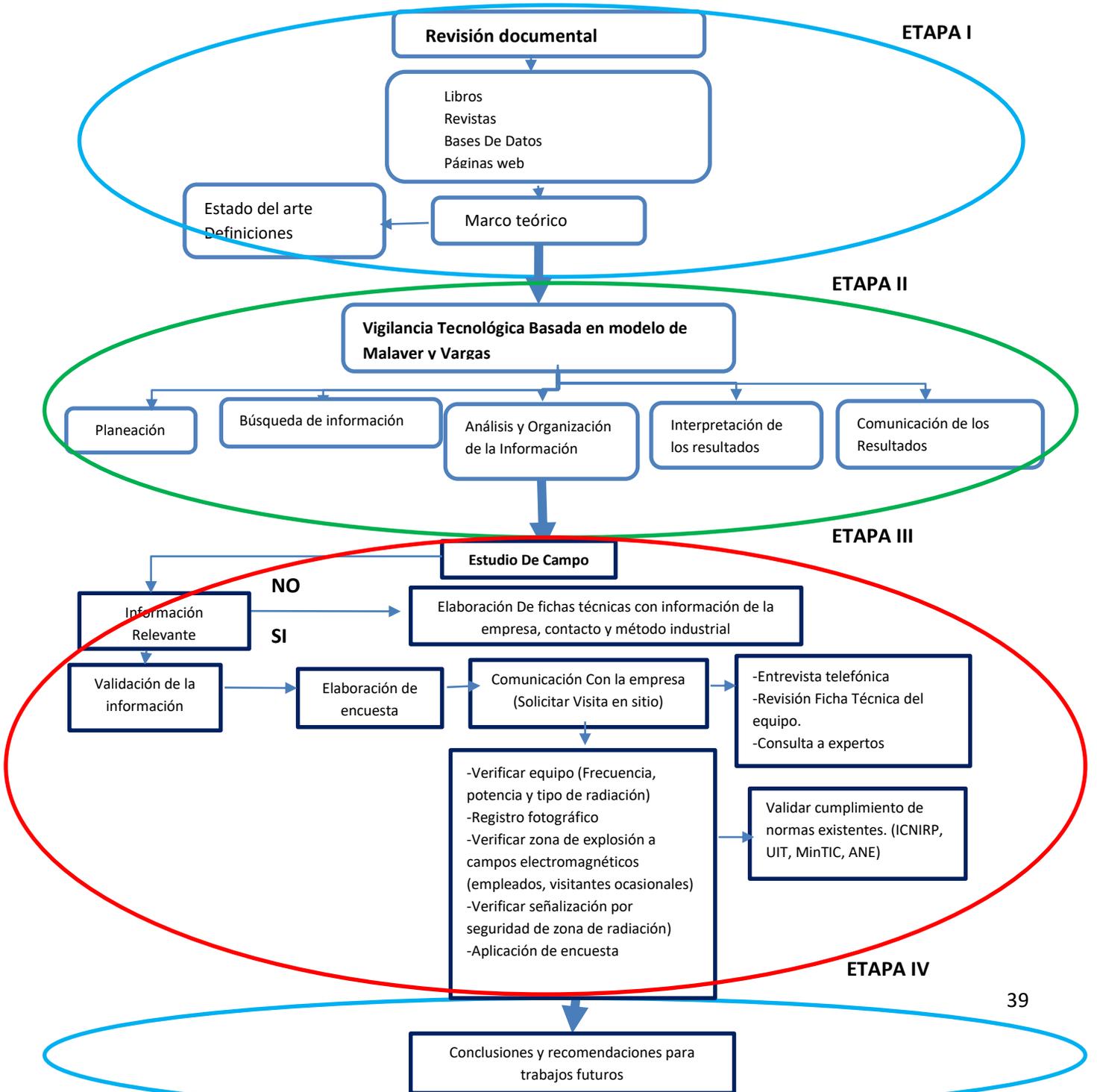
Análisis de Información y Generación de Productos: En esta fase se encuentra la selección de técnicas de análisis para de esta manera darle una correcta gestión a la información obtenida, A partir de éste, se define cuál de esta información es relevante y se procede con la elaboración de productos de información.

Difusión y Uso: En esta fase de la vigilancia se definen las vías más adecuadas para la difusión de los resultados obtenidos una vez finalizado el análisis de la información. (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014)

3. METODOLOGÍA

El estudio y desarrollo de este trabajo fue llevado a cabo en cuatro etapas secuenciales, las cuales describen los métodos utilizados y su aplicación, para de esta forma lograr los objetivos propuestos; estas etapas se describen gráficamente en la figura 5.

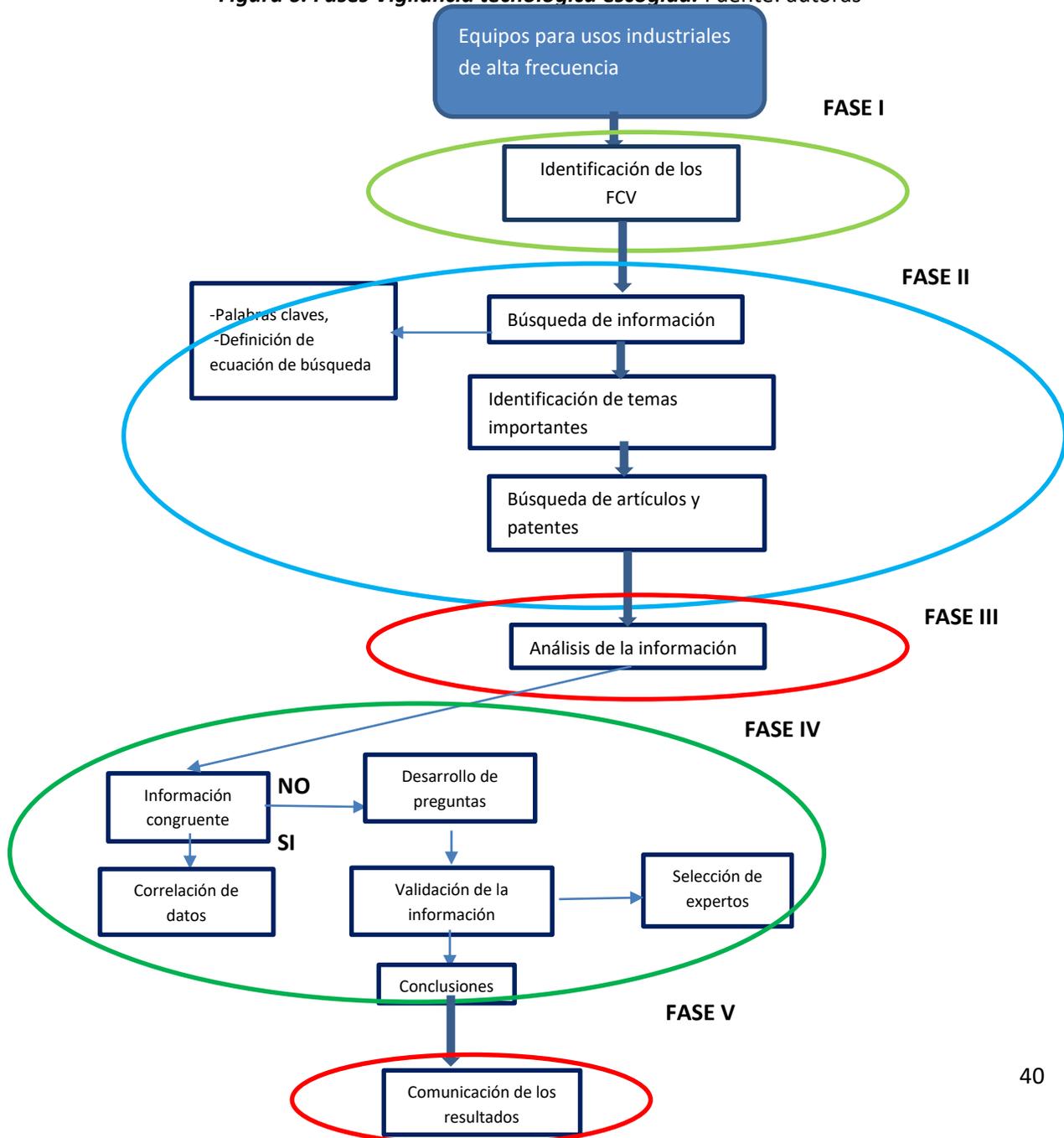
Figura 5. Etapas de la Metodología para la solución del problema. Fuente: autoras



Metodología escogida para realizar la Vigilancia Tecnológica

Para llevar a cabo la etapa II descrita en la figura 5, se realizó una estructuración de las fases de la Vigilancia Tecnológica que definían el mejor modelo a seguir para alcanzar nuestros objetivos; para este caso se estructuró una metodología según lo expuesto en el Modelo de vigilancia tecnológica de Malaver y Vargas (2007), debido a que según su estructura es el modelo que mejor se adaptaba a la vigilancia tecnológica realizada en proyecto. En síntesis, el modelo utilizado está plasmado en el esquema de la figura 6, donde se ilustra de manera detallada el seguimiento de cada una de las fases de la Vigilancia Tecnológica y su desarrollo. (Ospina Montes & Gomez Mesa, 2014).

Figura 6. Fases Vigilancia tecnológica escogida. Fuente: autoras



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se pueden observar cada una de las fases utilizadas en el modelo de vigilancia y cuál fue el proceso seguido para llevarlos a cabo, así como que herramienta fue utilizada en cada una de las fases.

Fase I: Identificación de los Factores críticos de la vigilancia FCV:

En esta fase se definen las temáticas y preguntas estratégicas en las cuales se concentrará el trabajo de vigilancia, es decir se definen las principales necesidades en relación con los objetivos planteados.

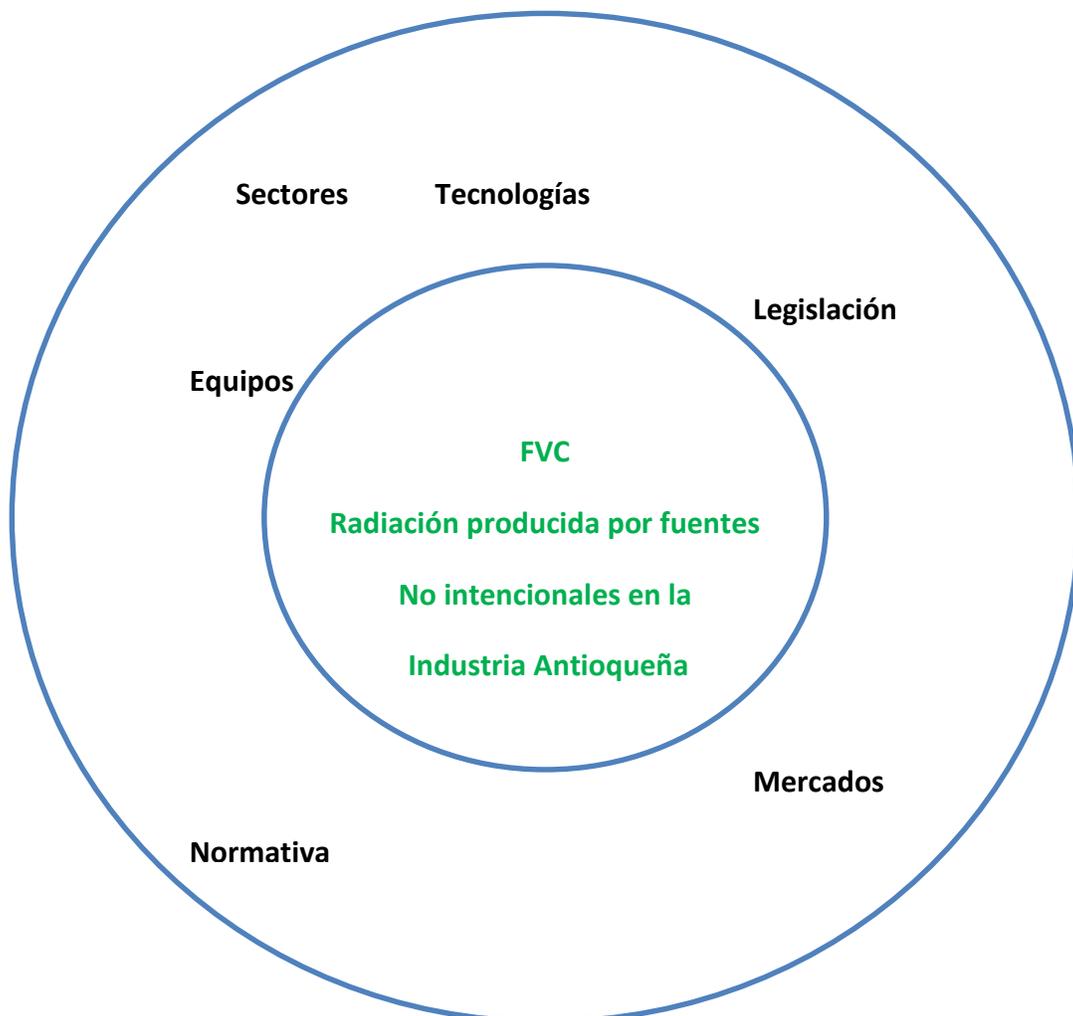
Antes de identificar los factores críticos de vigilancia debemos tener clara la siguiente pregunta:

¿Por qué realizar una Vigilancia Tecnológica (VT)?

Respondiendo a esta pregunta, la VT fue necesaria debido a que la información que debíamos encontrar y analizar es información clasificada y reservada por las empresas, por cuestiones de competencia corporativa.

A continuación, se definen los factores críticos de la vigilancia (FCV); la evaluación de estos factores fue crucial para correcto desarrollo del proyecto. En la siguiente grafica podemos observar por principales FVC en torno a los cuales gira nuestro proceso de vigilancia.

Figura 7. Factores críticos de vigilancia tecnológica. Fuente: autoras.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fase II Búsqueda y Captación de Información.

Para llevar a cabo esta fase es necesario identificar las fuentes de información relevantes que se utilizará en el proceso de vigilancia; con el fin de encontrar empresas en Antioquia que trabajen con radiofrecuencia el cual es el principal objetivo de la vigilancia.

La información que debía ser encontrada en esta búsqueda de información era empresa de Antioquia que trabajen o tengan algún equipo RF a nivel industrial, esta búsqueda se realizó de dos maneras:

Búsqueda Formal de información: se utilizaron las herramientas de comercio exterior Dian Muisca y la BD Legiscomex con el fin de verificar los equipos importados en Antioquia que tuvieran que ver con alguno de los usos de RF estas herramientas se utilizaron debido al poco acceso en la web a la información y equipos utilizados por las empresas de Antioquia ya que por temas de competencia y seguridad esta información es reservada para las empresas y no se encuentra en software de vigilancia.

Búsqueda Informal de información: Para llevar a cabo esta búsqueda fue necesario encontrar empresas de Antioquia que utilicen para su fin industrial equipos con radiofrecuencia, esta se realizó principalmente a través de expertos y de indicios de empresas que posiblemente tenían estos equipos a través de contactos telefónico, entrevistas y utilizando un método de vigilancia llamado Bola de nieve.

Fase III Análisis y Organización de la Información.

La tercera fase es la validación y análisis de la información obtenida en la fase anterior, para esto se hace una clasificación y filtrado de la información relevante, para de esta manera obtener la información ordenada y fácil de analizar para esta fase se utilizó una bitácora de búsqueda de vigilancia tecnológica con el fin de mostrar los resultados de manera ordenada.

Fase IV Inteligencia (interpretación de los resultados).

En esta fase se da sentido a la información obtenida en la fase dos, dando el valor agregado a la vigilancia realizada después de procesada la información, esta fase permitirá la toma de decisiones las cuales dan el camino a seguir en el trabajo.

Fase V Comunicación de los Resultados

En esta última etapa del ciclo se difunden los resultados de la información analizada, y de esta manera concluir y dar a conocer si se cumplen los objetivos planteados en el proyecto.

Esta difusión se realiza a través de Estrategias y medios de comunicación, las selecciones de estos se basan en los estudios de la vigilancia tecnológica realizada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se sustentó en la metodología propuesta, este proyecto se ajustó a un ciclo secuencial de cuatro etapas tal y como se ilustró en la figura 5, del cual se detallan las acciones ejecutadas y los resultados obtenidos:

4.1 Etapa I: Revisión documental

En la primera etapa se realizó una revisión documental basada en fuentes confiables de información, con el fin de empaparnos del tema de radiación nociva, centrándonos estrictamente en la radiación no ionizante, sus causas y efectos, así como en las posibles fuentes radiantes no relacionadas con telecomunicaciones que podrían generarla. Para esta etapa se revisaron las fuentes documentales de alto nivel disponibles en la biblioteca institucional, tales como libros, revistas, páginas web (de entes normativos y reglamentarios), artículos de investigación obtenidos de las Bases de datos especializadas disponibles, como por ejemplo Scielo, Science Direct e IEEEExplorer. Con la información recolectada y procesada se construyó el marco teórico del proyecto (sección 2 de este informe).

En esta investigación se inició por realizar una búsqueda de los principales antecedentes históricos de los efectos de la radiación no ionizante en la salud de los seres humanos; esta búsqueda se realizó principalmente en artículos de investigación y en las bases de datos Scielo y Science Direct. Se escogieron estas bases de datos ya que están enfocadas principalmente en artículos relacionados con la ciencia y la medicina; la búsqueda en estas bases de datos se realizó en inglés debido a que de esta manera se lograba encontrar más información.

Para llevar a cabo la revisión documental pertinente y actualizada se utilizaron las siguientes herramientas y las siguientes ecuaciones de búsqueda

Tabla 9. Actividades y herramientas. Fuente: autoras

Actividad	Herramienta
Búsqueda de información	Google
Búsqueda de información	Google scholar
Búsqueda de información	BD Scielo
Búsqueda de información	BD Science Direct
Búsqueda de información	BD IEEEExplorer

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 10. Ecuaciones de Búsqueda. Fuente: autoras

Tema Clasificado	Ecuación de búsqueda
Aplicaciones de RF	Radiofrequency and uses in the industry
Equipos	Equipment or machines with radiofrequency
Frecuencias	Radiofrequency and frequency of operation
Aplicaciones de RF	Radiofrequency and dryer
Aplicaciones de RF	Radiofrequency and pasteurized
Antecedentes	Effects of radiofrequency and health
Antecedentes	Effects of harmful radiation on human health
Antecedentes	Effects of non-ionizing radiation on health
Aplicaciones de RF	Radiofrecuencia y sus usos en la industria
Equipos	Equipos o maquinas por Radiofrecuencia
Frecuencias	Radiofrecuencia y frecuencias de operación

A continuación, en la siguiente tabla se podrá observar los artículos revisados y utilizados de cada base de datos utilizadas, cada uno de estos artículos conforman la sesión de antecedentes históricos y estado del arte de esta investigación.

Tabla 11. Fuentes Estado del arte. Fuente: autoras

Base de datos	Nombre del artículo	Resumen
Science Direct	Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health	Se relaciona la exposición a CEM con trastornos hormonales, sin embargo, no se probó que esta exposición afecte el sistema hormonal.
Scielo	Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health	La exposición a CEM en entornos ocupacionales va directamente ligada al tipo y al nivel de exposición por tal motivo, aunque hay preocupación no se ha podido establecer que afecte la salud humana.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Base de datos	Nombre del artículo	Resumen
Scielo	Possible effects of electromagnetic fields (EMF) on human health—Opinion of the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)	Este estudio llega a la conclusión que aun después de realizar experimentos en animales como roedores y caracoles no se tienen evidencias claras o indicios que la exposición a CEM pueda provocar alguna alteración en la salud humana, debido al poco aumento en niveles y su inmediata estabilización.
Scielo	Exposición a campos electromagnéticos en un servicio de rehabilitación	De la exposición a CEM se han atribuido aparición de arritmias cardíacas y cataratas en los ojos por el aumento del calor corporal, sin embargo los estudios realizados no han confirmado la relación de exposición a CEM con estos daños.
Scielo	Exposición ocupacional materna a los campos electromagnéticos antes, durante y después del embarazo en relación con los riesgos de cánceres infantiles	Estudio realizado a las madres de 15.041 niños que murieron por leucemia y cuyas madres trabajaron durante el embarazo expuestas a CEM, este estudio no logra concluir o relacionar estas muertes con la radiación electromagnética
Scielo	A Study on Environmental Effect of Electromagnetic Waves	Se aborda los campos electromagnéticos con relación a la aparición de cáncer, sin embargo se ha defendido que no hay un impacto negativo de campos electromagnéticos en la salud humana.
Science Direct	Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin	Se realiza un estudio al semen eyaculado y expuesto a CEM llegando a la conclusión que disminuye la motilidad del semen
Science Direct	Occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields and brain tumor risk in the INTEROCC study: An individualized assessment approach	Estudio realizado a trabajadores de la multinacional INTEROCC, de los resultados de los trabajadores expuesto no hubo relación de los CEM con tumores ni meningioma
Science Direct	Psychological symptoms and health-related quality of life in idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields	Se estudiaron los síntomas psicológicos de personas expuestas a CEM con puntuaciones positivas en ansiedad compulsividad etc.

Luego se efectuó una búsqueda amplia de teoría y definiciones relevantes para el proyecto: radiación no ionizante, equipos radiadores no intencionales, fuentes inherentemente conformes, regulación y legislación colombiana en el tema de radiocomunicaciones. Se buscó la información de primera mano consultando las páginas de Internet de Instituciones Internacionales relacionadas con la Radiaciones como: ICNIRP, IRPA, ITU, OMS. También se consultó documentación técnica existente en la biblioteca

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

del ITM donde se recopiló información de textos referentes a la *Seguridad Industrial* respecto a Campos y Ondas EM, así como el Reglamento en Contaminación Electromagnética (CEM) para Colombia. Se realizó una búsqueda exhaustiva de las principales normas, estándares y legislación vigente a nivel nacional e internacional, que regulan y dan normativa al uso de radiofrecuencia (RF) para fines industriales; esta información fue obtenida en las páginas de instituciones como MINTIC, ITU, ICNIRP. Esta búsqueda arrojó información desde el año 1974 hasta el año 2016, y se realizó en los idiomas inglés y español, con el fin de encontrar más información; lo recolectado, procesado y documentado se puede encontrar de manera detallada en el capítulo 2, Marco Teórico de este trabajo; específicamente en la sección 2.2 “Definiciones y Conceptos”; así como en la sección 2.3 “Normativa para límites de exposición ante la radiación”.

Una vez construido el estado del arte del proyecto con los antecedentes históricos encontrados y definidos los principales conceptos, normas y legislación para la operación industrial con RF, se realiza una búsqueda de las principales **aplicaciones y usos de la radiofrecuencia en el sector industrial**; estos usos y aplicaciones se encuentran plasmados en el Marco Teórico, en la sección 2.4 “Aplicaciones industriales de la radiofrecuencia (RF)”; esta investigación está sustentada en consulta de artículos obtenidos de la Base de datos Especializada IEEExplorer, referenciados en la tabla 12, colocando un pequeño resumen (abstract) de cada trabajo.

Tabla 12. Resultados BD IEEExplorer. Fuente: autoras

Nombre del Artículo	Resumen
Application of Microwave and RF in food processing, microorganisms and pest control	Este artículo habla del proceso de calentamiento y secado de almendras nueces y avellanas, así como su frecuencia de operación y de sus beneficios
The Analysis and Design of Milk Pasteurization System by Using Radio Frequency Electric Fields	Este artículo habla del proceso de pasteurización por RF de la leche y otros productos alimenticios, también se hace alusión al pasteurizador por RF Stalam y su frecuencia de operación.
Diseño de circuitos a juego para calefacción por radiofrecuencia.	En este artículo se habla de un horno RF para el proceso de descongelamiento de productos alimenticios, se da especificaciones técnicas como frecuencia, potencia y dimensiones del equipo.
Radio frequency drying in the textile industry	Este artículo está relacionado con el secado por RF de telas y productos textiles, en este se habla de sus ventajas, frecuencia de operación ISM y También se habla del secado por electrodos dl equipo Strayfield
Experimental prototype for endogenous drying wood by radio frequency (RF)	En este artículo se hace referencia al proceso de secado de madera con RF, así como los tres métodos más utilizados y su frecuencia de operación.
Radio-frequency drying of non-metallic materials	Este artículo hace referencia al secado de papel por RF sus ventajas, beneficios y frecuencia de operación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 Etapa II: Vigilancia Tecnológica

En esta etapa se presentan los resultados obtenidos al implementar el Modelo de vigilancia tecnológica de Malaver y Vargas (2007); de la búsqueda con fuentes formales de información indicada en la metodología se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla, consignando la información obtenida de una manera fácil de organizar e interpretar.

Esta bitácora fue otorgada por el semillero de vigilancia tecnológica del ITM, y fue utilizada con su permiso con el fin de clasificar la información obtenida en el proceso de vigilancia, de una manera organizada para de esta manera tener la información más fácil de analizar y más fácil de leer.

Tabla 13. Bitácora etapa de búsqueda Legiscomex. Fuente: semillero de vigilancia tecnológica ITM

SEMINARIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA							
Fecha	Fuente de información	Palabras claves	Ecuación de búsqueda	Cantidad de documentos obtenidas	Pertinencia	Documentos revisados	Observaciones
10/08/2018	Dian Muisca	Secadores	N/A	31	NO	5	En esta página se buscan los códigos de partida arancelaria de equipos, En esta página fueron encontrados los siguientes cinco códigos de partida arancelaria (8419320000, 8419310000, 8451100000, 8419392000, 8419391000) estos códigos fueron encontrados para equipos de secado de madera, papel, tela.
10/08/2018	Legiscomex	Código de partida – Antioquia	8419320000 - 8419310000 - 8451100000 - 8419392000 - 8419391000	141	NO	141	En esta base de datos se buscaron equipos que fueron importados a Antioquia entre los años 2009 a 2017, a través de códigos de partida, en total fueron encontradas 141 importaciones de equipos o partes de equipo de secado de telas, madera, papel, esta información se puede observar en el Apéndice A ¹

De la búsqueda con fuentes informales de información y del método de “bola de nieve” se obtuvieron los siguientes resultados de 16 empresas de la Industria de Antioquia los cuales fueron plasmados en la siguiente bitácora la cual tomamos como referencia de la bitácora otorgada por el semillero de vigilancia tecnológica del ITM, en esta se puede observar los resultados de la búsqueda de las empresas que podrían tener equipos que utilicen RF en Antioquia, con la respectiva observación del proceso realizado y si utiliza o no RF de estos resultados fueron descartadas las empresas que no utilicen RF.

¹ Apéndice A. Importaciones de Empresas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 14. Bitácora etapa de búsqueda Empresas. Fuente: autoras

	Nombre de la empresa	Fuente de información	Pertinencia	Observaciones
12/05/2018	Lácteos el Ranchero	Visita en sitio para verificación de equipo	No	En la visita se observa que el equipo para pasteurizar los lácteos no utiliza RF, Utiliza una caldera eléctrica para realizar el proceso de calentamiento y posterior enfriamiento.
07/06/2018	Colanta	Información brindada por la Ingeniera de alimentos vía telefónica	No	El equipo utilizado para pasteurizar los lácteos no utiliza RF, Utiliza una caldera eléctrica para realizar el proceso de calentamiento y posterior enfriamiento, esto debido a la gran cantidad de litros que se procesan diarios
25/06/2018	Suramericana de Marquillas	Información brindada Telefónicamente por el Tecnico de Mantenimiento de la empresa	No	El equipo utilizado para llevar a cabo el proceso de marquillas es un equipo el cual trabaja por medio de ultrasonidos, este equipo no utiliza RF
25/06/2018	Marquillas S.A	Información brindada Telefónicamente por el Tecnico de Mantenimiento de la empresa	No	El equipo utilizado para llevar a cabo el proceso de telas es un equipo Rama que utiliza electricidad a través de altas temperaturas, este equipo no utiliza RF
08/06/2018	Compañía Colombiana de Tabaco S.A.S	Información brindada por el área de operaciones de la empresa vía telefónica	No	El proceso de secado del tabaco no lo realizan en la ciudad de Medellín, este proceso lo llevan a Cabo en Santander
20/08/2018	Maderas Industriales Del Norte S.A.S	Información brindada por el gerente de la empresa Termosec quien es la empresa que vende los productos para los procesos de secado	No	El proceso de secado de madera lo llevan a cabo con una cámara de secado la cual utiliza como combustible el gas, esta cámara no utiliza RF.
20/08/2018	Locería Colombiana SAS	Información brindada por el gerente de la empresa Termosec quien es la empresa que vende los productos para los procesos de secado	No	El proceso de secado de moldes y de yesos es llevado a cabo con una cámara de secado la cual utiliza como combustible el gas, esta cámara no utiliza RF.
20/08/2018	Inmunizar	Información brindada por el gerente de la empresa Termosec quien es la empresa que vende los productos para los procesos de secado	No	El proceso de secado de madera lo llevan a cabo con una cámara de secado la cual utiliza como combustible el gas, esta cámara no utiliza RF.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fecha	Nombre de la empresa	Fuente de información	Pertinencia	Observaciones
20/08/2018	Zenú	Información brindada por el gerente de la empresa Termosec quien es la empresa que vende los productos para los procesos de secado y deshidratación	No	Los procesos son llevados a cabo con una caldera la cual deshidrata los productos, esta caldera no utiliza RF, como combustible utiliza el gas Natural.
22/08/2018	Ch Dermatología	Información brindada en la página de la Clínica	SI	Esta empresa Utiliza para sus procesos estéticos una máquina de radiofrecuencia Multipolar cuya frecuencia de operación oscila entre 1 - 3 MHz
22/08/2018	Elixir Medicina Estética	Información brindada en la página de la Clínica	SI	Esta empresa Utiliza para sus procesos estéticos una máquina de radiofrecuencia Multipolar cuya frecuencia de operación oscila entre 1 - 3 MHz
30/08/2018	Tintexa SAS	Información brindada por la persona encargada del área de mantenimiento de la empresa Tintexa, se realiza visita en sitio para verificación del equipo	SI	Esta empresa utiliza para el secado de hilo el equipo secador por radiofrecuencia marca Stalam cuya frecuencia de operación es de 27,12 MHz
04/08/2018	Fabricato	Información brindada por la persona encargada del área de procesos del área de tintorería de hilos y acabados de la empresa Fabricato, se realiza visita en sitio	SI	Esta empresa utiliza para el secado de hilo el equipo secador por radiofrecuencia marca Strayfield cuya frecuencia de operación es de 27 MHz
06/08/2018	Crystal SAS	Información brindada por la persona encargada del área de procesos del área de tintorería de hilos de la empresa Crystal, por políticas de la empresa no se realiza visita en sitio para verificación del equipo	SI	Esta empresa utiliza para el secado de hilo el equipo secador por radiofrecuencia marca Strayfield cuya frecuencia de operación es de 27 MHz
12/09/2018	Coltejer	Información brindada por el área de operaciones de la empresa vía telefónica	No	Esta empresa utiliza para sus procesos industriales principalmente de secado por medio de una máquina de vapor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De cada empresa analizada se realizó una ficha técnica creada por las autoras de este trabajo, ya que se vio la necesidad de organizar de una mejor manera la información de las empresas investigadas. En estas fichas técnicas se relaciona toda la información de contacto para de esta manera gestionar de una mejor manera las visitas a realizar. A continuación, se entrega a manera de ejemplo, unas de las fichas técnicas realizadas, sin embargo, en el **Apéndice B**² se puede observar las 16 fichas técnicas sobre las empresas investigadas.

Tabla 15. Fichas Técnicas de Empresas. Fuente: autoras

Razón Social	Fabricato
Nit	890900308-4
Actividad Económica	Tratamientos y fabricación de productos textiles
Municipio	Bello
Dirección	Carrera 50 N° 38 - 320
Contacto	Juan Camilo Ledesma
Teléfono De Contacto	3014124357
Visita en sitio Si/No	SI
Maquinaria Investigada	Secador por radiofrecuencia, Marca Stalam
Utiliza RF Si/No	SI

Interpretación de los resultados

Primero se selecciona la información que fue relevante para la investigación, que para nuestro caso fue la información de algunas de las empresas en Antioquia que actualmente utilizan radiofrecuencia para algún fin industrial.

En la búsqueda formal que se realizó con la base de datos legiscomex se realizó una búsqueda entre los años 2009 a 2017 de empresas en Antioquia que importaron equipos relacionados a usos que pueden contener equipos de radiofrecuencia, la cual se puede observar en el **Apéndice A**³. De los resultados obtenidos podemos interpretar lo siguiente.

- ✓ A pesar de que se encontró varias empresas que se tenían indicios de que realizaban algún proceso por RF, la base de datos Legiscomex no encontró referencia de importaciones de equipos de este tipo, por lo cual no se pudo evidenciar de que estas empresas hicieran uso de algún equipo que operara con radiofrecuencia.
- ✓ La mayoría de las empresas encontradas en la base de datos Legiscomex tienen relación con el proceso de secado de materiales, sin embargo, los códigos de partida analizados hacen alusión a procesos de secado por métodos convencionales ajenos al uso de radiofrecuencia

² **Apéndice B Fichas Técnicas**

³ **Apéndice A Importaciones de Empresas**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

(hornos o cámaras de secado); por tal motivo la información encontrada fue ambigua y no nos ayudó a cumplir uno de los objetivos propuestos en este trabajo, consistente en encontrar empresas de Antioquia que utilizaran RF.

- ✓ Del proceso de vigilancia tecnológica con software de apoyo y fuentes formales de información, no se obtuvo información de empresas en Antioquia que utilizaran equipos de radiofrecuencia para realizar algún proceso industrial. Aducimos que esto es debido a que por temas de seguridad y para blindarse contra la competencia en temas de espionaje industrial, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva externa no permitida, la mayor parte de empresas tienen reservas y filtros en su información corporativa, por lo que no es de dominio público este tipo de información en bases de datos o software de búsqueda. Este resultado se tenía previsto por el equipo de trabajo desde el inicio del proyecto; por tal motivo se tomó la decisión de también realizar una vigilancia tecnológica con **fuentes informales**, ya que de esta manera la búsqueda de empresas que cumplieran los requisitos de la investigación era más asertiva y eficaz.

En la búsqueda informal realizada a través de entrevistas telefónicas a expertos de las diferentes empresas encontramos, estudiamos y analizamos 16 empresas de Antioquia que cuentan con procesos relacionados con los usos de la RF a nivel industrial mencionados anteriormente; según lo encontrado en la fase II, nos centramos en empresas cuya actividad económica involucrara procesos de secado de materiales (madera, tela, hilo, yeso y granos), calentamiento (pasteurización, pre secado) y sellado de polímeros, entre otros.

Analizando la información encontrada podemos deducir lo siguiente:

- ✓ La mayoría de las empresas de secado de madera analizadas (ver fichas técnicas), aun utilizan métodos convencionales para llevar a cabo este fin; por ejemplo se puede observar que el secado de madera en Antioquia aun utiliza métodos exógenos como el secado natural, cámaras de secado a gas o vapor, hornos de secado y calderas a base de materiales combustibles (carbón, madera, cascarillas, etc..) y fósiles (ACPM, gasolina, petróleo, etc..); puede ser que esto se dé como consecuencia del desconocimiento del tema del uso de RF, deducción que sacamos debido a que en las conversaciones telefónicas realizadas con personal técnico de las empresas, estas personas desconocían que habían otros métodos para realizar a cabo estos procesos; también indicaban que por temas de costo de los equipos las calderas eran más económicas.
- ✓ Con respecto al tema de pasteurización las dos empresas analizadas (ver fichas técnicas), utilizan pasteurización por placas paralelas; este método se realiza por medio de calderas, y según las entrevistas realizadas al personal técnico de las empresas estos indican que por las grandes cantidades de material las calderas son la mejor opción, debido a que tienen que pasteurizar miles de litros de leche al día y por esta razón no ven funcional a la RF.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ Con respecto al secado de telas se puede observar que la industria textil antioqueña (ver fichas técnicas de las empresas) es una de las únicas industrias que han adaptado sus procesos de secado por medio RF; en esta pesquisa se encontró que tres de las cinco empresas entrevistadas si utilizan RF para realizar sus procesos industriales, éstas empresas son: FABRICATO, CRYSTAL SAS, y una empresa la cual llamaremos Empresa II (debido a que la empresa nos pidió reserva de su razón social); estas utilizan RF para llevar a cabo el secado del hilo y de algunas telas después del proceso de teñido; los equipos utilizados en las tres empresas son Secadores por radiofrecuencia tipo conveyor, de marca Stalam y Strayfield, de los cuales se mostrara y se dará sus especificaciones técnicas en la etapa 4.3 “Estudio de campo”.

4.3 Etapa III: Estudio De Campo

El protocolo establecido por el equipo de trabajo para desarrollar esta Etapa III, es el siguiente algoritmo:

- ✓ Si la información encontrada en el estudio de la vigilancia tecnológica no arroja que la empresa entrevistada utilice equipos de RF para actividad económica, solo se procede con la elaboración de fichas técnicas con información de la empresa, contacto y método industrial como, se puede observar en el **Apéndice B⁴**. Esto, porque luego pueden ser potenciales patrocinadores, socios estratégicos o partes interesadas en investigaciones y desarrollo de prototipos de RF a medida para sus procesos.
- ✓ Si la información encontrada en el estudio de la vigilancia tecnológica es relevante para la investigación que acá se lleva a cabo, es decir que la empresa entrevistada si utilice equipos de RF para llevar a cabo sus procesos industriales, se procede a seguir el siguiente protocolo:
 - ✓ Llenar la respectiva ficha técnica **Apéndice B⁵**
 - ✓ Contactar al personal técnico/administrativo idóneo, bien sea por vía telefónica o visitando sus instalaciones; como gran ideal de este primer contacto, adicional a obtener información informal para saber si aplica para la investigación, es tratar de conseguir el permiso formal para una visita a las instalaciones donde se ejecuta el proceso de RF, para que a manera de un estudio de caso se logre extraer y documentar información relevante respecto al proceso que se ejecuta con RF, equipo en operación, precauciones y protocolos de seguridad que ejecutan en el entorno laboral.

⁴ **Apéndice B. Fichas Técnicas**

⁵ **Apéndice B. Fichas Técnicas**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Encuesta

Con la colaboración del profesor asesor, se elaboró una encuesta de 11 preguntas, a aplicar en la visita de trabajo de campo en cada una de las empresas visitadas; se aclara que también se hace la gestión de visita en las empresas de las cuales se ha detectado en la labor de vigilancia que cuentan con equipos que usan RF para realizar procesos industriales. Esta encuesta se procesa posteriormente por el equipo investigador para sacar conclusiones valiosas para este trabajo.

A continuación, relacionamos cada una de las preguntas que conforman la encuesta:

- 1) ¿Desde qué época aproximada cuentan con el (los) equipo(s) que utiliza(n) Radiofrecuencias (RF)?
- 2) ¿Cómo se enteraron de que existía(n) estos equipos?; ¿qué procedimientos y tramites tuvieron que realizar para importarlo(s)?
- 3) ¿Qué proceso de su industria lleva a cabo el (los) equipo(s) que usa(n) Radiofrecuencias (RF)?
- 4) ¿Cuáles son las principales ventajas que tiene este equipo frente a otros que realicen el mismo proceso o similares, pero que no trabajen con RF?
- 5) ¿Conoce las especificaciones técnicas de estos equipos (potencia, frecuencia de operación)?
¿Cuentan con un manual técnico disponible para operarios y personal de la empresa?
- 6) ¿Cuánto tiempo promedio por día opera cada equipo de RF?
- 7) ¿Cuántos operarios trabajan en cada uno? ¿Cuál es la interacción de estos con el equipo? ¿Cuál es el tiempo máximo que un trabajador opera cerca del equipo?
- 8) ¿Los operadores deben cumplir algún protocolo o procedimiento al momento de operarlo? SI () / NO () De ser afirmativa, ¿está escrito este procedimiento en algún manual o norma interna? Explique
- 9) ¿Se siguen normas de seguridad y salud en el trabajo para garantizar la correcta interacción de los operarios con estos equipos? SI () / NO () Cuáles?
- 10) ¿Se tiene estipulados procedimientos de precauciones y/o protecciones especiales para los operarios y demás personal de la empresa que labore cerca a estos equipos? SI () / NO () Cuáles?
- 11) ¿Han tenido algún reporte de incidentes, accidentes laborales o afectación de la salud de los operarios por causa de estos equipos? SI () / NO () Cuáles?

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Proceso Visita Fabricato

Comunicación Con la empresa (Solicitar Visita en sitio):

La solicitud de esta visita se realizó a través de un programa que tiene la empresa llamado la Universidad de la Tela, a la cual se envió por medio de correo electrónico la carta elaborada y avalada por el ITM, la cual nos certifica como estudiantes y explicaba el motivo de la visita para fines académicos, esta carta se puede observar en el **Apéndice C⁶**.

La visita se realizó el jueves 6 de septiembre de 2018 y la empresa nos asignó al Ingeniero Juan Camilo Ledesma jefe de procesos del área de tintorería de hilo el cual nos acompañó en la visita y nos explicó características técnicas del equipo (ver tabla 16), recorrido por la planta y explicación detallada del proceso de secado; además fue la persona encargada de responder la encuesta.

En la siguiente tabla se relacionan las principales especificaciones técnicas del secador por RF marca Stalam, con el que cuenta la empresa.

Tabla 16. Especificaciones Técnicas Secador por radiofrecuencia Stalam.

Fuente: (Stalam, Stalam Radio Frequency Equipment, 2018)

FRECUECIA DE TRABAJO DEL GENERADOR	
Frecuencia de trabajo del generador	(I.S.M.) 27.12 MHz +/-0.6%
VALORES DE POTENCIAS DISPONIBLES	
Secadores de una sola unidad "RF"	10 kW - 20 kW - 30 kW - 40 kW
"RF", "RFA", "LTRF", "RFA/S" secadores modulares	40 kW - 50 kW - 60 kW - 75 kW - 85 kW - 105 kW - 150 kW
"TCRF" secadores por lotes	50 kW - 75 kW
"RF/T" secadores	60 kW - 85 kW

El secador por radiofrecuencia Stalam utiliza una frecuencia de operación ISM de 27.12 MHz la cual es la más usada por los secadores por radiofrecuencia, este equipo utiliza una potencia de 14KW por tal motivo es un secador por radiofrecuencia de una sola Unidad.

Registro fotográfico

A continuacion se puede observar las fotos tomadas durante la visita.

En la figura 8, se muestran el secador por radiofrecuencia marca Stalam; este equipo de secado es una configuración alternativa aplicable al secado de sustratos delgados como por ejemplo hilos, telas o papel. Este sistema consiste en una serie de barras paralelas de carga opuesta (sistema de 50 ohms), por lo que el campo de RF se genera entre barras en lugar de a través de placas. El material a calentar

⁶ Apéndice C Carta y Acta otorgada por el ITM

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se pasa a través de las barras a medida que es transportado por una banda transportadora comandada por un motor AC, cuya velocidad esta configurada para permitir que el material que pase por la plataforma de secado salga con el contenido de humedad deseado (según lo programado); este tipo de tecnologías se llama conveyor.



Figura 8. Vista general secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras

En las figuras 9 y 10 se puede observar el espacio por donde ingresa y sale la materia prima, soportado por la banda transportadora, hasta terminar el proceso de secado del rollo de tela o hilo.



Figura 9. Vista frontal del secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 10. Vista posterior del secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras

En la siguiente figura se puede observar los principales elementos para el funcionamiento de la maquina entre ellos el triodo (tipo 833c); este es el principal elemento activo que genera la potencia de radiofrecuencia con la que se seca el material; el triodo puede observarse en la imagen en el recuadro subrayado en rojo, este elemento es la parte mas importante del equipo RF.



Figura 11. Vista interna secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras

En la siguiente figura se puede observar las bandas por donde se transportan los carretes de hilo o telas que van hacer secados; dependiendo de la cantidad de material a secar se varia la frecuencia de operación. la velocidad de la banda se programa dependiendo de la calidad del secado que se necesite, sin embargo la velocidad promedio de operación es de 8m/hora.



Figura 12. Vista de las bandas secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras

Como se observa en la foto, en el equipo hay señalizacion informando que se debe tener precaucion y alertando eventual peligro por el uso de la radiofrecuencia. Sin embargo no se observo mas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

señalización que advirtiera a los demás operarios el uso de la radiofrecuencia en esa zona, ni dentro ni fuera de la planta donde se encontraba el equipo (zona ocupacional).



Figura 13. Señalizaciones encontradas secador por radiofrecuencia Stalam. Fuente: autoras

Zona de explosión a campos electromagnéticos

En el momento de la visita el equipo se encontraba apagado, pero el ingeniero Juan Camilo Ledesma nos cuenta que el equipo es manipulado por tres operarios en diferentes turnos 6-2 , 14-22 y 22-6, distribuyendo en cada turno un solo operario para que este pendiente del proceso .

Estos operarios no llevan ningún traje especial ni diferente del resto de operarios de otras áreas, la única restricción que tienen es que no deben llevar puesto ningún accesorio metálico ya que se corre el riesgo de incendio si este accesorio cae dentro del equipo, tampoco se visualiza ninguna señalización con esta recomendación.

A la zona de exposición puede acceder cualquier otro operario o persona encargada de la planta pues no se tiene el equipo aislado, ni existe ninguna señalización de que solo puede acceder personal autorizado .

Aplicación de encuesta

La encuesta se le realizó al ingeniero Juan Camilo Ledesma quien respondió cada una de las preguntas, las cuales se puede observar en la siguiente tabla

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 17. Encuesta Fabricato. Fuente: autoras

Preguntas	Respuestas Fabricato
¿Desde qué época aproximada cuentan con el (los) equipo(s) que utiliza(n) Radiofrecuencias (RF)?	Desde 1996 cuentan con el secador de radiofrecuencia Stalam
¿Cómo se enteraron de que existía(n) y que procedimientos y tramites tuvieron que realizar para importarlo(s)?	A través de la feria textil ITMA realizado en Europa. Los tramites de importación fueron: registro con importador RUT y estudio de mercado.
¿Qué proceso de su industria lleva a cabo el (los) equipo(s) que usa(n) Radiofrecuencias (RF)?	Secado de hilo, este secado se realiza después de que el hilo es teñido, el secado es posterior al proceso de tintorería.
¿Cuáles son las principales ventajas que tiene este equipo frente a otros que realicen el mismo proceso o similares, pero que no trabajen con RF?	Las principales es que se trabaja con una energía más limpia y no maltrata el material, ni altera la materia prima
¿Conoce especificaciones técnicas de estos equipos (potencia, frecuencia de operación)? ¿Cuentan con un manual técnico disponible para operarios y personal de la empresa?	Si, conocen las especificaciones técnicas del equipo, pero solo cuentan con un manual a través de internet. V=8 m/h, Pot= 14000 Voltios, Amplitud onda=12-35 cm, F=30 Khz-75 Khz , F del generador=27,12 Mhz
¿Cuánto tiempo promedio por día opera cada equipo de RF?	El equipo opera 24/7
¿Cuantos operarios trabajan en cada uno? ¿Cuál es la interacción de estos con el equipo? ¿Cuál es el tiempo máximo que un trabajador opera cerca del equipo?	por ser un equipo de 8 metros solo trabaja un operario por turno (3 al día). La interacción es cargar y descargar los carretes de hilo, no es necesario permanecer siempre cerca del equipo. Solo es permitido que cada operario permanezca máximo 8 horas, sin embargo, por el tiempo de secado no es necesario estar siempre cerca del equipo
¿Los operadores deben cumplir algún protocolo o procedimiento al momento de operarlo? SI () / NO () De ser afirmativa, está escrito este procedimiento en algún manual o norma interna? Explique	NO, no se tiene protocolo ni vestimenta especial, lo único que no pueden tener es ningún tipo de accesorios, ni elementos metálicos.
¿Se siguen normas de seguridad y salud en el trabajo para garantizar la correcta interacción de los operarios con estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	NO, solamente el operario debe cumplir con no tener elementos metálicos.
Se tiene estipulados procedimientos de precauciones y/o protecciones especiales para los operarios y demás personal de la empresa que labore cerca a estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	Solamente hay una señalización en el equipo, pero en la planta no hay más señalizaciones, no se cuenta con una vestimenta especial que proteja al operario.
¿Han tenido algún reporte de incidentes, accidentes laborales o afectación de la salud de los operarios por causa de estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	No, desde 1996 no se han tenido incidentes que afecten ni a los operarios, ni el equipo.

Proceso Visita Empresa II

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Comunicación con la empresa (Solicitar Visita en sitio):

La solicitud de la visita se realizó por contacto telefonico con el ingeniero encargado del area de mantenimiento de la empresa, en la cual fue tambien necesario llevar la carta realizada por el ITM y que se puede observar en el **Apéndice C⁷**.

La visita se realizo el dia 29 de septiembre de 2018 y el encargado de explicarnos el funcionamiento y características del equipo fue el ingeniero Jarol Jaramillo.

Especificaciones Tecnicas del equipo de RF

A continuacion se pueden observar las principales especificaciones tecnicas del Secador por RF, marca strayfield

Tabla 18. Especificaciones Técnicas Secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras

supply volts	220 V
supply Freq	60 Hz
supply phases	3 PH
supply KVA	62 KVA
supply power factor	0.9
Model Type	SO-30 T
RF. Power OUTPUT	25 KW
Operating frequency	27 Mhz
max weight	1-6 T aprox.

El secador por radiofrecuencia Strayfield utiliza una frecuencia de operación ISM de 27.12 MHz la cual es la más usada por los secadores por radiofrecuencia y una potencia de operación hasta de 25 KW esta potencia si varía dependiendo del fabricante

Registro fotográfico

A continuacion se puede observar las fotos tomadas durante la visita.

En la siguiente fotografia, se puede observar una imagen completa del secador por radiofrecuencia marca Strayfield; como se menciona en el estado del arte, este equipo usa una configuración alternativa aplicable al secado de sustratos delgados como por ejemplo hilo, tela o incluso papel. Este

⁷ **Apéndice C Carta y Acta otorgada por el ITM**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

sistema consiste en una serie de barras paralelas de carga opuesta, por lo que el campo de RF se genera entre barras en lugar de a través de placas.

El material a calentar se pasa a través de las barras a medida que es transportado por la banda transportadora, siendo una tecnología tipo conveyor.



Figura 14. Vista general secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras

En esta imagen se puede observar por donde ingresa la materia prima (hilo) para ser secada



Figura 15. Vista posterior secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como se observa en la imagen en el equipo hay señalización informando que se debe tener precaución y alertando peligro por el uso de la radiofrecuencia, pero dicho mensaje incluso esta en ingles y viene colocado por el fabricante. No se observó señalización alguna realizada por la empresa o por la Administradora de riesgos laborales (ARL).



Figura 16. Señalizaciones encontradas secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras

En la siguiente figura se puede observar los principales elementos para el funcionamiento de la maquina entre ellos el triodo, este triodo es el principal elemento que genera la radiofrecuencia; como se dijo antes, este elemento activo es la parte mas importante del equipo.



Figura 17. Parte interna del secador por radiofrecuencia Strayfield. Fuente: autoras

Zona de explosión a campos electromagnéticos

No se evidencia delimitación de exposición a CEM para público ocupacional ni público general por medio de letreros ni avisos. Este equipo es manipulado por dos operarios distribuidos en dos turnos 6 – 2 y 14 – 22.

A la zona de exposición puede acceder cualquier otro operario o persona encargada de la planta pues no se tiene el equipo aislado, ni existe ninguna señalización de que solo puede acceder personal autorizado.

Aplicación de encuesta

La encuesta se le realizó al ingeniero Jarol Jaramillo quien respondió cada una de las preguntas, las cuales se puede observar en la siguiente tabla.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 19. Encuesta Empresa II. Fuente: autoras

Preguntas	Respuestas: Empresa II
¿Desde qué época aproximada cuentan con el (los) equipo(s) que utiliza(n) Radiofrecuencias (RF)?	La empresa cuenta con dos secadores por radiofrecuencia Strayfeld desde 1996 y 2011
¿Cómo se enteraron de que existía(n) y que procedimientos y tramites tuvieron que realizar para importarlo(s)?	Por un vendedor de la marca Strayfeld en la feria textil Colombiatex
¿Qué proceso de su industria lleva a cabo el (los) equipo(s) que usa(n) Radiofrecuencias (RF)?	Secado de hilo, este secado se realiza posteriormente al proceso de tintorería.
¿Cuáles son las principales ventajas que tiene este equipo frente a otros que realicen el mismo proceso o similares, pero que no trabajen con RF?	Eficiencia y calidad en el secado. El tiempo de secado disminuye
¿Conoce especificaciones técnicas de estos equipos (potencia, frecuencia de operación)? ¿Cuentan con un manual técnico disponible para operarios y personal de la empresa?	Si conocen las especificaciones técnicas y cuentan en sitio con manual y con fórmulas para conocer que potencia utilizar y como configurar el electrodo Pot= 25000 Voltios, F=27 Mhz
¿Cuánto tiempo promedio por día opera cada equipo de RF?	Estos equipos operan de 6 am a 10 pm
¿Cuántos operarios trabajan en cada uno? ¿Cuál es la interacción de estos con el equipo? ¿Cuál es el tiempo máximo que un trabajador opera cerca del equipo?	Un operario por turno. Cargar y descargar carretes de hilo y estar pendientes de las alarmas del equipo. Un máximo de 8 horas diarias, el operario si debe estar cerca del equipo para verificar las alarmas que estos generan.
¿Los operadores deben cumplir algún protocolo o procedimiento al momento de operarlo? SI () / NO () De ser afirmativa, está escrito este procedimiento en algún manual o norma interna? Explique	Si, aunque no se tiene vestimenta especial, deben cumplir con un protocolo interno en el cual deben pesar el hilo a secar y deben seguir con una fórmula matemática creada por los ingenieros de la empresa, para saber cómo se debe configurar la máquina para realizar el proceso
¿Se siguen normas de seguridad y salud en el trabajo para garantizar la correcta interacción de los operarios con estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	NO, solamente el operario debe cumplir con no tener elementos metálicos y seguir la fórmula para medir la potencia y pesar los hilos.
Se tiene estipulados procedimientos de precauciones y/o protecciones especiales para los operarios y demás personal de la empresa que labore cerca a estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	No solamente hay una señalización en la máquina, en la planta no hay más señalizaciones, tampoco cuenta con vestimenta especial que proteja al operario.
¿Han tenido algún reporte de incidentes, accidentes laborales o afectación de la salud de los operarios por causa de estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	No, desde 1996 no se ha tenido incidentes con el equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.4 Discusión De Los Resultados

De las 16 empresas estudiadas y analizadas, solo tres utilizan RF para llevar a cabo su actividad; únicamente dos de estas empresas permitieron realizar la visita, por tal motivo no se consideró necesario realizar un estudio estadístico de los resultados (muestras, tendencias, medias, etc...).

A manera de confrontar las dos empresas se quiso realizar una tabla comparativa respecto a preguntas claves de la encuesta, para obtener información y sacar posteriores conclusiones.

En la siguiente tabla se comparan las dos empresas visitadas a partir de las respuestas de cada pregunta de la encuesta dadas por ambas organizaciones para de esta manera poder inferir conclusiones importantes, en esta tabla solo fueron plasmadas las preguntas que necesitan un análisis según nuestra investigación.

Tabla 20. Comparacion Empresas. Fuente: autoras

Preguntas clave de la encuesta	Comentarios y Análisis
¿Cuáles son las principales ventajas que tiene este equipo frente a otros que realicen el mismo proceso o similares, pero que no trabajen con RF?	Con respecto a esta pregunta para la empresa II el tiempo de secado es una de las principales ventajas del equipo debido a que los lotes que con otros métodos como por ejemplo el vapor pueden tardar hasta 12 horas para secar con la RF puede tardar solamente una hora, sin embargo, para Fabricato el tiempo no es una ventaja ya que indican que por la velocidad de la banda transportadora ser tan baja el proceso de secado lleva su tiempo.
¿Los operadores deben cumplir algún protocolo o procedimiento al momento de operarlo? SI () / NO () De ser afirmativa, está escrito este procedimiento en algún manual o norma interna? Explique	Con respecto a esta pregunta la empresa II si cumple con protocolos internos antes de realizar el proceso de secado, estos protocolos fueron adoptados con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo y garantizar la integridad del operario, sin embargo, Fabricato no tiene protocolos internos para garantizar la integridad de los operarios por tal motivo esta fue una falencia observada en esta empresa.
¿Se siguen normas de seguridad y salud en el trabajo para garantizar la correcta interacción de los operarios con estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	A nivel de salud ocupacional ninguna de las dos empresas tiene estipuladas normas de seguridad para el equipo RF, falta señalización los operarios deben estar muy cerca del equipo, los equipos no se tienen aislados por tal motivo los demás empleados de la planta tienen fácil acceso a esta radiación.
Se tiene estipulados procedimientos de precauciones y/o protecciones especiales para los operarios y demás personal de la empresa que labore cerca a estos equipos? SI () / NO () Cuáles?	En ambas empresas falta precaución y protección del empleado y para las demás personas de la empresa esto debido a que en las visitas se pudo observar que los operarios utilizan el equipo sin ninguna protección, no se tienen guantes, gafas, o vestimenta especial también se evidencia que los demás empleados tienen fácil acceso al equipo, cualquier persona de la empresa puede estar cerca de él, según nuestro concepto este equipo debe estar más protegido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- A través del modelo de vigilancia implementado, se encuentra que a pesar de que Antioquia es un Departamento Industrial en Colombia y que grandes empresas de la industria textil, maderera, lechera, etc., se ubican allí; el grueso de las empresas continúan utilizando para llevar a cabo sus fines industriales métodos convencionales y altamente contaminantes, como por ejemplo la utilización de calderas que exigen a las empresas gastos en combustibles adicionales como por ejemplo gas, carbón, energía por biomasa, combustibles, etc. Se estudió en el estado del arte que la radiofrecuencia es una opción industrial antigua y eficiente, con equipos que no utilizan combustible adicional a la energía eléctrica. Del estudio realizado se encuentra que solamente tres empresas de las 16 analizadas en Antioquia, cuentan con equipos de RF para llevar a cabo su actividad económica; es decir, el tema está totalmente descuidado en el entorno local, regional y nacional. Incluso países como Chile nos llevan gran avance en el tema.
- De este estudio se concluye que, en las empresas analizadas y visitadas, solamente se utiliza RF para realizar el proceso de secado de hilos; sin embargo, en las visitas de campo realizadas a estas no se evidencia por parte de ellas cumplimiento de las normas y legislación impuestos por entes regulatorios nacionales e internacionales, en cuanto a precauciones, protección a operarios y límites de exposición a radiaciones no ionizantes.
- Según investigaciones y casos de estudios realizados por diferentes autores, la exposición a CEM se ha relacionado y atribuido a afectaciones de la salud en personas, sobre todo relacionadas con la aparición de cataratas y arritmias cardiacas; así mismo, trastornos molestos como dolores de cabeza, migrañas e insomnio (Granados Arroyo & Gracia Pando, 2007); cáncer y meningiomas (Villa, Turner, Figuerola, Bowman, & Cardis, 2018); trastornos psicológicos como por ejemplo comportamientos compulsivos, agresivos y ansiedad (Kjellqvist, Palmquist, & Nordin, 2016); e incluso esterilidad y/o afección de los espermatozoides en los hombres (Troya Mosquera & Zabala Niño, 2008). Estos estudios fueron realizados en pruebas de laboratorios con tejidos y fluidos humanos y en animales; se ha trabajado incluso con estudios epidemiológicos de la población general expuesta. Sin embargo, en la actualidad aún persiste la incertidumbre de si las radiaciones no ionizantes pueden afectar al ser humano de forma negativa y no se ha podido establecer con exactitud que puedan generar alteraciones o causen posibles efectos en la salud a las personas que diariamente se exponen a estas. Varias organizaciones internacionales como la OMS y la ICNIRP, han demostrado su preocupación al respecto emitiendo recomendaciones básicas de límites de exposición, las cuales, en numerosos países, como Colombia las han adoptado como norma reglamentaria de estricto cumplimiento (Decreto 195 de 2005).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Del análisis de las diferentes normativas relacionadas con radiación nociva podemos concluir que la única norma que tiene relación con límites de exposición es el decreto 195 de 2005 y su resolución reglamentaria 1645 de 2005, que sustentadas en la recomendación internacional UIT-T K.52 son las únicas herramientas legislativas que exigen delimitación de los escenarios de exposición a CEM de cualquier fuente radiante, intencional o no; las demás normas de la Serie K de la UIT, como por ejemplo las UIT-T K.61 y K.70, tienen más relación con las normas de instalación de estaciones radioeléctricas aplicadas a antenas de comunicaciones.
- Para la escogencia de la metodología de vigilancia tecnológica, concluimos que el método que más se acopla a nuestras necesidades es el modelo de Malaver y Vargas; siguiendo este modelo de vigilancia se encuentra información relevante y no relevante para el proyecto, la información relevante se halla en un 100% en la búsqueda informal de información a través de Google y de entrevistas a empresas de Antioquia; esta búsqueda a través de este modelo nos brindó información clasificada de empresas de la ciudad de Medellín y de Antioquia que están haciendo uso de RF para procesos inherentes a sus actividades industriales.
- Como resultado de las visitas técnicas realizadas a las empresas Fabricato y Empresa II, se puede observar que no han realizado ningún tipo de adecuación a sus plantas operativas ni a estaciones de trabajo, para de esta manera garantizar las precauciones necesarias en cuanto a exposición a radiación no ionizante de los operarios y a la salud de las personas que directa o indirectamente están cerca del equipo radiador no intencional; esto debido a la falta de señalización evidenciada en la planta y en los alrededores (zonas de rebasamiento, ocupacionales y de público en general).
- Según las visitas realizadas se puede concluir que ninguna de las dos empresas cumple con el decreto 195 de 2005, no se tienen letreros o cualquier otro medio visible que alerte al público el uso de radiofrecuencia en la zona; tampoco se encuentran delimitadas las zonas de exposición a CEM según el tipo de exposición ocupacional y del público en general; esto debido a que los equipos se encuentran en una zona abierta de fácil acceso para cualquier operario de la planta. Tampoco se utilizan vestuarios u otro tipo de elementos que puedan en alguna manera proteger contra la radiación a los operarios, no se evidencia la capacitación para operar los equipos de RF, no se cuenta con protocolos para garantizar las precauciones necesarias para operar con RF, ni se tienen evidencias de estudios internos o de contratación a entes externos que puedan verificar con mediciones de que se está operando por debajo de los límites de exposición (niveles SAR), dados en la norma UIT K.52.
- De acuerdo con límites de exposición (niveles SAR), dados en la norma UIT K.52, se puede concluir que la frecuencia de operación ISM de 27.12 MHz de los secadores Stalam y Strayfield, usados por las empresas de estudio en este trabajo, están en el rango de frecuencia donde la exposición a campos eléctricos y magnéticos es menor según los niveles de referencia brindados por la ICNIRP; según los graficos para limites de publico en general dados por la ICNIRP, para esta frecuencia de 27.12 MHz los campos eléctricos son del orden de 60 V/m; similarmente, los campos magnéticos (A/m) son del orden de 0.1 μ T.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Según la norma UIT K.52 también se puede concluir que la potencia del equipo Stalam (14000 W) y del equipo Strayfield (25000 W) no son fuentes inherentemente conformes debido a que superan los 2 W de potencia irradiada que indica la norma. Pueden, por tanto, teniendo en cuenta sus fines industriales, ser considerados como radiadores no intencionales que deben cumplir protocolos de operación y de precauciones necesarias, así como mediciones de conformidad con equipos especializados y personal idóneo, cada año.

- De acuerdo con el resultado de las visitas realizadas a las dos empresas recomendamos a estas adecuar sus plantas y estaciones de trabajo, con el fin de garantizar la correcta exposición de todas las personas que tienen interacción con estos equipos, entre estas se recomienda señalar las zonas de exposición por medio de letreros que adviertan al público en general el uso de la RF para de esta manera evitar por ejemplo que mujeres en estado de embarazo estén cerca del equipo y para que de esta manera se cumpla con el decreto 195 de 2005; también podemos recomendar aislar el equipo en una zona donde solo los operarios encargados, con la capacitación y precauciones necesarias, puedan acceder. Así mismo, establecer convenios con centros o grupos de investigación que cuenten con el equipamiento adecuado para realizar estudios de radiación en el ambiente de trabajo de estos equipos, para saber en realidad que tan nocivos pueden ser a la salud de los operarios.
- Para un trabajo futuro se puede realizar una investigación en donde se genere un protocolo de medición y se un mapeo de los campos eléctricos y magnéticos de la radiación entregada por los equipos, para de esta manera con valores reales verificar cumplimiento de los límites de exposición según las recomendaciones de la ICNIRP; así se comprobaría si los equipos son o no radiadores inherentemente conformes y se tendrían argumentos para que la empresa, articulada con la ARL, pueda determinar que otras medidas de seguridad laboral en protección al trabajador podría implementar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- AENOR. (16 de Marzo de 2011). *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*. Recuperado el Junio de 2018, de <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046930#.WutwrYgvwdU>
- Ahlbom, A., Bridges, J., De Seze, R., & Hillert, L. (2008). Possible effects of electromagnetic fields (EMF) on human health—Opinion of the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). *News and Views*, 249. Recuperado el 06 de Octubre de 2018, de [https://www.adrprovita.com/catalog/view/theme/default/files/Possible%20effects%20of%20Electromagnetic%20Fields%20\(EMF\)%20on%20Human%20Health.pdf](https://www.adrprovita.com/catalog/view/theme/default/files/Possible%20effects%20of%20Electromagnetic%20Fields%20(EMF)%20on%20Human%20Health.pdf)
- Ahlbom, A., Cardis, E., Green, A., Linet, M., Savitz, D., & Swerdlow, A. (Diciembre de 2001). Review of the Epidemiologic Literature on EMF and Health. *Environmental Health Perspectives*, 911-913. Recuperado el 06 de Octubre de 2018, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240626/pdf/ehp109s-000911.pdf>
- Alonso, M., & J.Finn, E. (1989). Física. En M. Alonso, & E. J.Finn, *campos y ondas* (Vol. II, págs. 791,792,793,794). Mexico, Mexico: Addison Wesley Longman. doi:ISBN: 9789684442245
- ANE. (2016). *Por la cual se reglamentan las condiciones que deben cumplir las estaciones radioeléctricas*. Bogota: ANE. Recuperado el 13 de Agosto de 2018, de https://www.ane.gov.co/images/News-docs/proyecto_resolucion_cem_vf2222.pdf
- Bollás Sanchez, R. L., & Valencia Perez, L. R. (Octubre de 2017). Analisis de los modelos de la vigilancia tecnologica e inteligencia competitiva en proyectos de I+D+i. *Gestion de la innovacion para la competitividad: Sectores estrategicos, tecnologias emergentes y emprendimientos*, 5. Recuperado el Junio de 2018, de http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_323.pdf
- Cottee, C., & Duncan, S. (2003). Diseño de circuitos a juego para calefacción por radiofrecuencia. *Transactions on control systems technology*, 91-100. Recuperado el 07 de Octubre de 2018, de <https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1173014>
- CRC. (2016). *Codigo De Buenas Practicas Para El Despliegue De Redes De Comunicaciones*. Bogota: CRC. Recuperado el 15 de Septiembre de 2018, de https://www.crcom.gov.co/recursos_user/2016/Informes/Codigo_Buenas_Practicas_2016.pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De La Rosa, R. (2014). *La Enfermedad Silenciada*. Madrid: Edicionesi. doi:ISBN-13 9788494181184

Decreto 195, 195 (MINTIC 31 de Enero de 2005). Recuperado el Marzo de 2018

Eafit, U. (13 de Agosto de 2018). *Eafit*. Obtenido de <http://www.eafit.edu.co/biblioteca/recursos/Paginas/bases-de-datos-bibliograficas.aspx>

Granados Arroyo, J. J., & Gracia Pando, R. (2007). Exposición a campos electromagnéticos en un servicio de rehabilitación. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 3-5. doi:ISSN 1989-7790

Grimaldi, S. (1996). *La Seguridad Industrial*. Mexico: Alfaomega. doi:ISBN 10: 9701502051

Gulagiz, F. K., Goz, F., & Kavak, A. (abril de 2016). A Study on Environmental Effect of Electromagnetic waves. *International Journal of Computer Applications*, 36,37. doi:ISSN-2250-1797

ICNIRP. (1998). *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 ghz)*. Munich: ICNIRP. Recuperado el Marzo de 2018, de <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

Intef. (10 de Agosto de 2018). *Newton*. Obtenido de Newton: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/partalfa/partalfa.html

Intef. (10 de Agosto de 2018). *Newton*. Obtenido de Newton: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/partbeta/partbeta.html

ITU. (07 de 03 de 2018). *Preguntas más frecuentes - ITU*. (ITU, Ed.) Recuperado el Marzo de 2018, de Preguntas más frecuentes - ITU: <https://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/faq/index-es.html#g007>

ITU-R. (2004). *Reglamento De Radiocomunicaciones*. Ginebra, Suiza: ITU. doi:<http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.16.48.es.301.pdf>

Kjellqvist, A., Palmquist, E., & Nordin, S. (2016). Psychological symptoms and health-related quality of life in idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields. *Journal of Psychosomatic Research*, 8-12. Recuperado el 07 de Octubre de 2018, de https://ac-els-cdn-com.itm.elogim.com:2443/S0022399916300423/1-s2.0-S0022399916300423-main.pdf?_tid=4c53ec43-7840-4523-9e32-9da75877b36a&acdnt=1538922788_e619bc0f001ede17ff18ffccb0f13cb4

Lawton, J. (1976). Radio-frequency drying of non-metallic materials. *The Radio and Electronic Engineer*, 117 - 120. Recuperado el Octubre de 2018, de <https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5268780>

Mestre Rovira, Josep. (Noviembre de 1987). *NTP 234: Exposición a radiofrecuencias y microondas (I). Evaluación*. Obtenido de NTP 234: Exposición a radiofrecuencias y microondas (I). Evaluación:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_234.pdf

- Mock, G., Graham, R., Crabtree, K., Moore, E., & Pai, G. (1989). Radio frequency drying in the textile industry. *Radio frequency drying in the textile industry*, 1-3. doi:<https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=36803>
- Montes Granada, W. F. (2012). *Experimental prototype for endogenous drying wood by radio frequency (RF)*. Medellín: ITM. Recuperado el 06 de Octubre de 2018, de <https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6478895>
- Moreano C., G. X. (2003). *La influencia de las radiaciones electromagnéticas en los seres humanos, sus efectos, consecuencias y recomendaciones*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5797/1/T2134.pdf>
- OMS. (1999). *Campos electromagnéticos (CEM)*. Ginebra: OMS. Recuperado el Marzo de 2018, de <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/>
- OMS. (Junio de 2000). *Consideraciones de la OMS sobre los efectos de las radiaciones electromagnéticas*. Ginebra: OMS. Recuperado el Marzo de 2018, de http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/sfact/nd193.htm
- OMS. (Junio de 2007). *Consideraciones de la OMS sobre los efectos de las radiaciones electromagnéticas*. Ginebra: OMS. Recuperado el Marzo de 2018, de <http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322/es/>
- Ospina Montes, C., & Gomez Mesa, M. (2014). *Modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales. Recuperado el Mayo de 2018, de <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/821/1/Tesis%20VTeIC%20Grupo%20de%20Investigacion.pdf>
- Palop, F., & Vicente, F. (Febrero de 1999). *Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva su potencial para las empresas Españolas*. Valencia: Impiva - Cotec. Recuperado el Mayo de 2018, de http://informecotec.es/media/15_Est15_Vig_Tec_Intelg_Competeriti.pdf
- Picouet, & Del Valle. (Noviembre de 2005). Aplicaciones de las ondas electromagnéticas en productos alimenticios. *TECA Associació Catalana de Ciències de l'Alimentació*, núm. 8, 26-32. doi:ISSN: 1137-7976
- Poltronieri, P., Santino, A., Ciarmiello, L., & Hubert, J. (2009). Application of Microwave and RF in food processing, microorganisms and pest control. *Application of Microwave and RF in food processing, microorganisms and pest control*, 517 - 520. Recuperado el 07 de Octubre de 2018,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de <https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7375434>

Porter, M. (Marzo de 1979). How Competitive Forces Shape Strategy. *Harvard Business Review*, 137-145. doi:ISSN : 0717-9952

Recomendación UIT-T K.52, 52 (Union Internacional De Telecomunicaciones 25 de Febrero de 2000). Recuperado el Abril de 2018, de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-K.52-200002-S!!PDF-S&type=items

Resolucion 1645, 1645 (MINTIC 29 de Julio de 2005). Recuperado el Marzo de 2018

Saliev, T., Begimbetova, D., Masoud, A., & Matkarimov, B. (2018). Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 6-7. Recuperado el 07 de Octubre de 2016, de https://ac-els-cdn-com.itm.elogim.com:2443/S0079610718301007/1-s2.0-S0079610718301007-main.pdf?_tid=75626fe9-c808-4c16-845a-063577de54d6&acdnat=1538919176_01d0bc11eadedd4314bb305c7032dcfe

Sonotronic. (15 de Marzo de 2018). *Sonotronic Ultrasonic Technology*. Obtenido de <https://sonotronic.de/tecnologias/ultrasonido/>

Sorahan, T., Hamilton, L., Gardiner, K., Hodgson, J., & Harrington, J. (1999). Exposición ocupacional materna a los campos electromagnéticos antes, durante y después del embarazo en relación con los riesgos de cánceres infantiles: hallazgos de la Encuesta de Oxford sobre cánceres infantiles, muertes entre 1953 y 1981. *Exposición ocupacional materna a los campos electromagnéticos antes, durante y después del embarazo en relación con los riesgos de cánceres infantiles: hallazgos de la Encuesta de Oxford sobre cánceres infantiles, muertes entre 1953 y 1981*, 348-357. doi:PMID: 10086211

Srisuma, C., Santalunai, S., Thosdeekoraphat, T., & Thongsopa, C. (2017). The Analysis and Design of Milk Pasteurization System by Using Radio Frequency Electric Fields. *APEMC*, 158-159. Recuperado el 06 de Octubre de 2018, de <https://ieeexplore-ieee-org.itm.elogim.com:2443/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7975451>

Stalam. (06 de Octubre de 2018). *El salon online de la industria*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/stalam-spa/product-40226-1990130.html>

Stalam. (06 de Septiembre de 2018). *Stalam Radio Frequency Equipment*. Obtenido de Stalam adio Frequency Equipment: <https://www.stalam.com/eng/product/textile/>

Troya Mosquera, M. C., & Zabala Niño, J. (15 de Enero de 2008). *Influencia en la Salud de la Población expuesta a Radiaciones No Ionizantes con frecuencias comprendidas entre 0 Hz a 300 GHz, Revisión Documental*. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de *Influencia en la Salud de la*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Población expuesta a Radiaciones No Ionizantes con frecuencias comprendidas entre 0 Hz a 300 GHz, Revisión Documental:

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/tesis40.pdf>

Vila, J., Turner, M., Figuerola, J., Bowman, J., & Cardis, E. (2018). Occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields and brain tumor risk in the INTEROCC study: An individualized assessment approach. *Environment International*, 355-358. Recuperado el 07 de Octubre de 2018, de https://ac-els-cdn-com.itm.elogim.com:2443/S016041201830196X/1-s2.0-S016041201830196X-main.pdf?_tid=97cf6fba-4bf2-4739-9aac-778e197f4ef3&acdnat=1538921107_c1f27377078ab9afa08114a2bd2cabaf

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICES

APÉNDICE A: IMPORTACIONES DE EMPRESAS



Importaciones de
empresas.xlsx

APÉNDICE B: FICHAS TECNICAS



Fichas Técnicas.xlsx

APÉNDICE C: CARTA Y ACTA OTORGADA POR EL ITM



Carta y acta
Fabricato.pdf



Carta y acta
Empresa II.pdf

FIRMA ESTUDIANTES *Laura Catalina Garcia*

Yoliana A.

FIRMA ASESOR 

FECHA ENTREGA: 16/10/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____