

Educación en Metrología en la Universidad Tecnológica de Pereira-Colombia

Luís Enrique Llamosa Rincón, Milton Fernando Villarreal Castro, Luís Gregorio Meza Contreras

Universidad Tecnológica de Pereira
Vereda La Julita 97, Pereira, Risaralda, Colombia.
lellamo@utp.edu.co

RESUMEN

El grupo de Electrofisiología (área metrología) del departamento de física de la UTP, cuenta con un laboratorio de metrología de variables eléctricas y metrología electromédica. El laboratorio en su área de variables eléctricas se encuentra "acreditado" y está en proceso de acreditar su área de ensayos de equipo electromédico. Con base en su infraestructura se prestan servicios de docencia, investigación y extensión. En el campo de la docencia se han desarrollado un conjunto de actividades para educar en metrología a los estudiantes de ingeniería, a estudiantes de posgrado y a profesionales del medio externo. Todo lo anterior ha dado lugar a que los estudiantes de pregrado y de posgrado estén realizando en algunos casos sus trabajos de tesis en esta área y que profesionales del medio externo puedan capacitarse en estos temas. Mediante este trabajo se quiere presentar los resultados de esta experiencia junto con la metodología que se ha utilizado para ello.

1. INTRODUCCIÓN

El grupo de Electrofisiología del departamento de física de la facultad de ciencias básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira viene trabajando desde hace varios años las líneas de investigación de metrología de variables eléctricas y metrología electromédica. La inclusión de estas líneas de investigación surgió con base en el trabajo que se venía desarrollando dentro de otras de sus líneas de investigación: La instrumentación biomédica y el análisis de bioseñales.

Se observaba que a pesar de que en el país era posible desarrollar equipo para la medición y análisis de señales electrofisiológicas, estos desarrollos no iban a tener ninguna trascendencia si no se incorporaban dentro de su diseño y desarrollo aspectos claves como el de la metrología y la normalización, sin los cuales los desarrollos en este campo en el ámbito nacional nunca iban a tener trascendencia internacional y nunca iban a llegar a ser comercializables y mucho menos iban a poder ser utilizados para la investigación, pues sus resultados carecen de confiabilidad; prueba de ello es que en nuestro país no se ha podido desarrollar una industria de equipo electromédico a pesar de que en nuestras universidades en diferentes carreras de ingeniería a nivel de pregrado y de posgrado se desarrollan múltiples prototipos de instrumentos que realizan medición y análisis de señales fisiológicas muchas veces con fines investigativos. Hay que añadir a esto el hecho de que en nuestras universidades los grupos que hacen investigación experimental, la desarrollan sin

ninguna "trazabilidad"[1] es decir con base en la utilización de equipos de medición que no han sido "calibrados" desde que fueron adquiridos y además reportan sus mediciones sin una expresión de la incertidumbre de medición adecuada.

En nuestro país la mayoría de los desarrollos e investigaciones que se realizan no cuentan con un aseguramiento de la calidad de las mediciones, el cual implica como mínimo la utilización de instrumentos calibrados que aseguren su trazabilidad. Unido a todo esto, la infraestructura de laboratorios de metrología en nuestro país es mínima; en el área de variables eléctricas solamente existen tres laboratorios que actualmente cuentan con "acreditación" de la SIC (Superintendencia de Industria y Comercio) [2] con base en la norma NTC-ISO 17025 [3], el de la FAC (fuerza aérea colombiana) y el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la UTP [4]. En el área de equipo electromédico no existe ningún laboratorio "acreditado" que pueda prestar servicios de calibración/ensayos con base en la misma norma internacional.

Todo lo anterior hizo que los miembros del grupo de electrofisiología desde el año 2000 iniciaran todo un proceso de capacitación en temas metrología y normativos que condujo a la presentación de proyectos de investigación a COLCIENCIAS (entidad gubernamental dirigida a crear condiciones favorables para la generación de conocimiento científico y tecnológico nacionales) que tenían entre sus objetivos principales disponer de un laboratorio de metrología en las áreas de calibración de

equipos de medidas eléctricas y equipo electromédico, este objetivo se ha logrado; en la actualidad se dispone de un laboratorio de metrología de variables eléctricas “acreditado” por la SIC (Superintendencia de Industria y Comercio) con base en la resolución 929 del 25 de enero de 2006 con el cual se presta el servicio de calibración de equipos de medidas eléctricas.

La acreditación fue concedida para realizar calibraciones para equipos de medidas eléctricas incluyendo las siguientes variables: tensión eléctrica AC/DC, Corriente AC/DC, pinzas amperimétricas toroidales y no toroidales, medidores de frecuencia, Resistencia, Capacitancia, Potencia DC, Potencia AC, Frecuencia y tensión eléctrica (osciloscopios análogos y digitales), indicadores de temperatura con termocuplas y RTDs.

En la actualidad el laboratorio ya tiene implementada su área de ensayo de equipo electromédico la cual fue montada con base en otro proyecto de investigación aprobado por el programa nacional de ciencia y tecnología de salud de COLCIENCIAS. Uno de los objetivos específicos de este proyecto es la acreditación de un laboratorio para ensayos de equipo electromédico, este objetivo se cumplirá este año ya que toda la documentación pertinente fue enviada a la entidad acreditadora de nuestro país, esta documentación ya fue revisada y próximamente se realizará la visita por parte de los auditores nombrados para su acreditación final correspondiente.

Con base en todo el trabajo anterior y en la infraestructura montada, el grupo de electrofisiología en su área de metrología, observando las falencias que existen en cuanto a formación en metrología en nuestra región y en el país, decidió implementar todo un proceso que ha pretendido educar en metrología partiendo de las necesidades que existen internamente dentro de la Universidad y el medio externo. En el presente trabajo se presentan los aspectos fundamentales de este proceso.

2. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA EDUCAR EN METROLOGÍA

La formación en ingeniería y a nivel tecnológico tiene una extensa y rica trayectoria dentro de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) – Colombia, la cual fue creada por medio de la Ley 41 de 1958, como máxima expresión cultural y

patrimonio de la región y como una entidad de carácter oficial seccional.

Hasta hace unos pocos años y gracias principalmente al trabajo del grupo de electrofisiología, la metrología entró a formar parte de las actividades de docencia, investigación y extensión en nuestra universidad, con base en el trabajo desarrollado y que se detalló en la introducción de este trabajo. En el día de hoy la administración de la universidad apoya todos los procesos conducentes a la “acreditación” de laboratorios de calibración y ensayos que han surgido principalmente del trabajo de los grupos de investigación.

En lo que respecta a la educación en ingeniería y a nivel tecnológico, el grupo de electrofisiología en su área de metrología ha logrado montar un proceso que involucra todo el trabajo desarrollado dentro del laboratorio, con la formación de estudiantes de la universidad y profesionales del medio externo que necesitan capacitación en esta área; además se vienen desarrollando procesos de investigación en metrología a través de trabajos de grados a nivel de pregrado y de posgrado y también con base en la presentación de proyectos de investigación en esta área a entidades de financiamiento internas y externas..

Desde nuestras perspectivas entendemos que en la educación en ingeniería, tecnología y técnica existen entre otras, dos áreas del conocimiento que las atraviesan horizontalmente y que, actualmente, no se encuentran debidamente desarrolladas en las universidades, ellas son:

- a. La Metrología, como ciencia de la medición.
- b. Las Normas de la Calidad, como conjunto de premisas que ordenan los procesos de investigación, desarrollo y producción.

Se plantearon los siguientes objetivos específicos dentro de la estrategia que ha pretendido educar en metrología y calidad a los estudiantes de la universidad y a los profesionales del medio externo que lo necesitan, Ellos son:

- Conformar una red educativa de los laboratorios acreditados o en proceso de acreditación de la universidad, basada en la metrología y la calidad.
- Lograr una mejor y actualizada formación de los alumnos en las áreas de metrología y calidad, tanto teórica como práctica, mejorando su comprensión de los Sistemas de Calidad y la correcta utilización del instrumental y el equipamiento que posee cada laboratorio.

- Proyectar una creciente prestación de Servicios de calibración/ensayo, asistencia técnica y educación en metrología de la universidad, a los sectores industriales y productivos de la región.
- Facilitar el acceso de los alumnos y los docentes a toda la información referida a la Metrología y la calidad.
- Gestionar la calibración y la trazabilidad del equipamiento y el instrumental de los grupos de investigación de la universidad.
- Introducir en el currículo universitario la enseñanza de la metrología y calidad como temas específicos de las distintas carreras de ingeniería, tecnologías y ciencias básicas.
- Realizar investigación en metrología y calidad.

3. RESULTADOS

Los siguientes son algunos de los resultados de tipo académico, obtenidos por el grupo de electrofisiología en su línea de investigación relacionada con la metrología eléctrica y electromédica:

3.1. Resultados Relacionados con la Educación en Metrología

Se han incluido aspectos referentes a la metrología dentro de las siguientes asignaturas: Laboratorio de física I, laboratorio de física II y laboratorio de física III, cursos que deben ver todos los estudiantes de las diferentes carreras de ingenierías, tecnologías y licenciatura en física. Es una exigencia dentro de los resultados experimentales de estos laboratorios el cálculo de incertidumbre de medición.

Se dictan cursos de metrología en todas las carreras de ingeniería tanto como asignatura básica y en algunos casos como electiva.

Se dictan pasantías al medio externo y a estudiantes interesados en el tema, en las siguientes áreas: Cálculo de incertidumbre de medición, aseguramiento metrológico, calibración de instrumentos de medidas eléctricas, calibración/ensayo de equipo electromédico, aseguramiento de la calidad de las mediciones.

3.2. Proyectos de Investigación Aprobados por Entidades Financiadoras Externas a la UTP en los que Participan Profesores Investigadores del Grupo de Electrofisiología y Estudiantes de UTP

3.2.1. Proyecto SENA–COLCIENCIAS–UTP

Acreditación de un laboratorio de metrología en el área de variables eléctricas (corriente, tensión

eléctrica, resistencia, capacitancia, potencia), para la calibración de equipos del sector productivo, investigativo y médico.

Año de aprobación: 2003

Estado: Ejecutado y terminado.

Resumen del proyecto: La finalidad del proyecto fue diseñar y elaborar todo el conjunto de procedimientos requeridos para acreditar ante la Superintendencia de Industria y Comercio un laboratorio que prestara servicios de metrología en el área de Variables Eléctricas en la Universidad Tecnológica de Pereira, aplicando los aspectos técnicos y legales exigidos por el Gobierno Nacional. El laboratorio acreditado se autofinancia en la actualidad con base en los servicios que presta al medio externo y es fuente de diferentes trabajos a nivel de pregrado y de posgrado.

3.2.2. Proyecto COLCIENCIAS – UTP

Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica.

Año de aprobación: 2005

Estado: Ejecutado y terminado.

Resumen del proyecto: El presente proyecto se presentó dentro del área de la convocatoria dirigida hacia los "sistemas y políticas de salud" en lo que corresponde a la evaluación de la calidad del sistema de salud. El objetivo de este proyecto fue el de acreditar un laboratorio que permitiera evaluar los sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo electromédico y su seguridad eléctrica aplicando los aspectos técnicos y legales exigidos por el Gobierno Nacional e incorporando la normatividad existente a nivel internacional. El laboratorio que se ha implementado y se encuentra en proceso de acreditación, presta servicios de calibración/ensayos en las siguientes áreas: Seguridad eléctrica, electrocardiografía, electroencefalografía, monitoría fetal, pulsioximetría-SpO₂, respiración, electrobisturías, desfibriladores/marcapasos, presión arterial, bombas de infusión, ultrasonidos, incubadoras, temperatura y humedad ambiental. Además de lo anterior se realizó un diagnóstico en lo que respecta al sistema de calidad implementado por las entidades prestadoras del servicio de salud a nivel regional (Departamento del Risaralda) en lo que respecta al equipo electromédico utilizado y relacionado con este proyecto, con el fin de establecer los equipos existentes y la existencia o

no de un programa de calibración/ensayos para los mismos, con el cual se esté garantizando la calidad de la atención de salud relacionada con la trazabilidad de los mismos.

3.2.3. Proyecto CIE (Centro de Investigaciones y Extensión – UTP)

Trazabilidad de analizadores para la calibración/ensayos de equipo electromédico - Diagnóstico en Risaralda e implementación de procedimientos técnicos.

Año de aprobación: 2007

Estado: En ejecución.

Resumen del proyecto: El Objetivo principal de este proyecto es el de diseñar los procedimientos para la calibración/ensayos de los equipos (analizadores) mediante los cuales se puede realizar calibración/ensayos de equipos electromédico. Los procedimientos que se encuentran en diseño e implementación están dirigidos hacia la calibración/ensayos de equipos con los cuales se realiza calibración/ensayos en las siguientes áreas: Seguridad eléctrica, electrocardiografía, monitoría fetal, pulsioximetría-SpO₂, respiración, electrobisturías, desfibriladores/marcapasos, presión arterial, bombas de infusión, ultrasonidos, incubadoras.

3.3. Proyectos Presentados para su Financiación en el Último Año

3.3.1. Campos Electromagnéticos, Medio Ambiente y Salud Pública - Montaje y Acreditación de un Laboratorio de Metrología Electromagnética y Realización de un Estudio Piloto en Pereira

Resumen del proyecto: Mediante la realización de este proyecto se pretende implementar un laboratorio de medidas para campos electromagnéticos (CEM) no ionizantes (Laboratorio de Metrología Electromagnética) y su "acreditación" ante la SIC con base en la Norma NTC-ISO-IEC 17025, que pueda certificar el cumplimiento de la reglamentación existente: Reglamento técnico para instalaciones eléctricas (RETIE) artículo 14 del Ministerio de Minas y Energía [5] desde el 2004 y para radiofrecuencia (RF) mediante resolución del Ministerio de Comunicaciones, número 001645 del 29 de julio de 2005 que reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de RF [6,7] basado en recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos",

vigente desde 2005. Con base en la implementación y acreditación del laboratorio de metrología electromagnética se definirán los criterios para el desarrollo de una metodología para la medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en diferentes ambientes de acuerdo con los estándares internacionales, entre ellos los del "Institute Of Electrical And Electronics Engineers" (IEEE) [8,9,10], siendo de mayor interés las áreas públicas urbanas; se determinará: el proceso para el cálculo de la incertidumbre en las medidas de campo magnético (CM) y eléctrico (CE) y la definición del criterio para la medición de campo electromagnético (CEM) en frecuencias superiores a 300 MHz. Como verificación del trabajo desarrollado se realizará un diagnóstico de la situación en Pereira con respecto a los niveles de exposición en ambientes públicos y laborales.

3.4. Tesis de Pregrado Dirigidas

Con base en el trabajo desarrollado se han realizado las siguientes tesis a nivel de pregrado:

- Verificación, implementación y mejoramiento de los procedimientos técnicos para la calibración/ensayos de equipo electromédico en las siguientes áreas: seguridad eléctrica, electrocardiografía, incubadoras, pulsioximetría, ventiladores pulmonares y fototerapia. Estudiantes de ingeniería física: Silvia Patricia Ceballos Peláez - Andrés Felipe Galvis Tabares.
- Verificación, implementación y mejora de procedimientos técnicos para calibración/ensayo de equipo electromédico en las siguientes áreas: seguridad eléctrica, bombas de infusión, ultrasonido, desfibriladores, presión arterial y electrobisturías. Estudiantes de ingeniería física: Natalia Izquierdo Cifuentes - Carlos Andrés Jiménez Soto.

3.5. Tesis de Maestría Dirigidas

Con base en el trabajo desarrollado se han realizado las siguientes tesis de maestría:

- Software para la calibración en un laboratorio de metrología de variables eléctricas, Ingeniero Jairo Mendoza Vargas, egresado de la maestría en instrumentación física.
- Diseño e implementación de procedimientos técnicos y de gestión, para la acreditación de un laboratorio de patronamiento eléctrico, Ingeniero Luís Gregorio Meza Contreras, egresado de la maestría en instrumentación física.

3.6. Tesis de Maestría en Ejecución

Con base en el trabajo desarrollado se están realizando las siguientes tesis:

- Diseño, implementación y sistematización de procedimientos técnicos para la calibración y ensayos de equipos electrocardiográficos, ingeniero Hernando Parra Lara, estudiante de la maestría en instrumentación física.
- SILAM Sistema de Información para la Administración del Laboratorio de Metrología de la Universidad Tecnológica de Pereira, Basado en la Norma NTC-ISO-IEC 17025, ingeniero Luís Fernando Álvarez Velásquez, estudiante de la maestría en instrumentación física.
- Software para la sistematización de los procedimientos técnicos y de gestión del laboratorio de metrología electromédica de la Universidad Tecnológica de Pereira, ingenieros Álvaro Ignacio Morales y Luís Fernando Castro, Estudiantes de la maestría en instrumentación física.
- Sistematización y automatización de los procedimientos de calibración del laboratorio de metrología de variables eléctricas, licenciados John Jairo Naranjo Castro y Ramiro Arango, estudiantes de la maestría en instrumentación física.
- Desfibriladores cardiacos: Diseño y sistematización de los procedimientos de Calibración/Ensayo. Aspectos –electrónicos y normativos para una propuesta de construcción, ingeniera María Elena Leyes S., estudiante de la maestría en instrumentación física.
- Desarrollo de una metodología para el diseño de un telurómetro digital de frecuencia variable, ingeniero Jorge Humberto Sanz Alzate, estudiante de la maestría en instrumentación física.

Además de las tesis de maestría, se están dirigiendo en la actualidad cinco tesis de pregrado en el área de la metrología.

3.7. Ponencias Internacionales

Las siguientes son las ponencias internacionales presentadas por el grupo en el área de metrología:

- Simposio de Metrología 2006, Querétaro, México, 2006, “Acreditación de un laboratorio para la calibración/ensayo de equipo electromédico en Colombia”.
- VI Congreso Internacional de Metrología, La Habana, Cuba, 2005, “Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica”.
- VI Congreso Internacional de Metrología, La Habana, Cuba, 2005, “Aspectos fundamentales para el diseño de procedimientos de calibración para laboratorios de metrología con base en la norma NTC-ISO-IEC-17025”.
- IV Congreso Internacional de Educación Superior, La Habana, Cuba, 2004, “Impacto de los laboratorios de metrología y de ensayo en la investigación y extensión universitarias”.

3.8. Artículos publicados

Los siguientes son los títulos de algunos de los artículos publicados en el área de la metrología en revistas indexadas:

- “Diseño de procedimientos para la calibración de indicadores de presión arterial no invasiva” publicado en la revista Scientia et Technica, año 13, N° 37 de diciembre de 2007.
- “Diseño de procedimientos para la calibración de pulsioxímetros” publicado en la revista Scientia et Technica, año 13, N° 37 de diciembre de 2007.
- “Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTCISO/IEC 17025” publicado en la revista Scientia et Technica, año 13, N° 35 de agosto de 2007.
- “Investigación en el área de la metrología presentación de un proyecto exitoso” publicado en la revista Scientia et Technica, año 13, N° 35 de agosto de 2007.
- “Diseño de procedimientos para la calibración de desfibriladores” publicado en la revista Scientia et Technica, año 13, N° 34 de mayo de 2006.
- “Estimación de la incertidumbre en la calibración de equipos electromédicos” publicado en la revista Scientia et Technica N° 34 mayo de 2006.
- “Fundamentos para el diseño de pruebas de seguridad eléctrica para equipo biomédico con base en la norma NTC-ISO-IEC-60601-1” publicado en la revista Scientia et Technica N° 30 de 2006.
- “Procedimiento de intercomparación en las magnitudes voltaje DC y corriente DC entre los laboratorios de patronamiento eléctrico de la Universidad del Valle y el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la UTP” publicado en la revista Scientia et Technica N° 30 de 2006.
- “Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad

eléctrica”. Publicado en la revista Scientia et Technica N° 27 de 2005.

- “Aspectos fundamentales para el diseño de procedimientos de calibración para laboratorios de metrología con base en la norma NTC-ISO-IEC-17025 Publicado en la revista Scientia et Technica, año 10, N° 25 de agosto de 2004.
- “Fundamentos para una propuesta de norma técnico ambiental sobre radiaciones electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja (FEB)” publicado en la revista Scientia et Technica N° 22 de 2003.

3.9 Libros publicados

- “Aspectos metrológicos fundamentales para la acreditación de un laboratorio de patronamiento eléctrico” Primera edición 2005, impreso en Postergraph S.A., ISBN: 958-8065-93-3 – libro financiado por COLCIENCIAS y evaluado para su publicación por el comité editorial de la UTP.
- “Métodos para el aseguramiento de la calidad de las mediciones en un laboratorio de calibración” Primera edición 2007, impreso en Postergraph S.A., ISBN: 978-958-8272-77-1 – libro financiado por COLCIENCIAS y evaluado para su publicación por el comité editorial de la UTP.
- “Estudio de las capacidades tecnológicas relacionadas con la trazabilidad del equipo electromédico y su seguridad eléctrica en entidades de salud del Departamento de Risaralda” Primera edición 2007, impreso en Postergraph S.A., ISBN: 978-958-8272-76-4 – libro financiado por COLCIENCIAS y evaluado para su publicación por el comité editorial de la UTP.

4. CONCLUSIONES

Con base en la experiencia presentada se puede decir que los laboratorios de calibración/ensayos creados al interior de la Universidad, han proporcionado múltiples beneficios en lo que respecta a la educación en metrología, entre ellos se tienen:

Divulgación: Por su componente académico los resultados de los trabajos desarrollados en los laboratorios de calibración/ensayos tienden a ser divulgados por distintos medios, tales como congresos, revistas especializadas, permitiendo un enriquecimiento del saber.

Formación profesional: La experiencia lograda en estos laboratorios ha podido ser comunicada a los

estudiantes universitarios y además ha sido incluida dentro de los programas de diferentes asignaturas.

Apoyo a la investigación universitaria: Los trabajos de investigación realizados en la universidad en lo que corresponde a aspectos experimentales, generalmente son realizados con equipos de medición que son comprados y no vuelven a ser calibrados; en las Universidades generalmente no se cuenta con un programa de calibración de los equipos utilizados en los laboratorios de investigación; los laboratorios de calibración/ensayo como el de metrología de variables eléctricas de la Universidad Tecnológica representa la trazabilidad de las medidas que se realicen en los procesos investigativos en que se utilizan instrumentos de medidas eléctricas, dando confiabilidad a sus resultados.

Fuente de proyectos para trabajos de grado a nivel de pregrado y de posgrado: Los laboratorios de metrología y de ensayos generan múltiples proyectos para los estudiantes de pregrado y posgrado que los relacionan con la industria y que impactan en el medio, además generan proyectos en el área de la metrología científica importantes para el desarrollo de las diferentes ciencias experimentales.

REFERENCIAS

- [1] Norma NTC-2194, Vocabulario de términos básicos y generales en metrología.
- [2] Decreto 2269 de 1993 con el cual se organiza el sistema nacional de normalización, certificación y metrología (SNNCM).
- [3] Norma NTC-ISO-IEC-17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. 2005-10-26.
- [4] www.sic.gov.co Página de la Superintendencia de Industria y Comercio en donde figuran los laboratorios acreditados en Colombia.
- [5] *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)* Recomendaciones para limitar la exposición a CEM (hasta 300 GHz), 1998.
- [6] Muñoz. C, Álvarez. B y Saint-Nom R. Emisión electromagnética vs. Inmisión electromagnética. Una visión medioambiental. VII Congreso Latinoamericano y IV Iberoamericano en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico (ALTAE). IEEE, 2005.
- [7] Ornetta. V. Mediciones y evaluación de las radiaciones no ionizantes de cuarenta

estaciones bases de servicios de comunicaciones móviles en la ciudad de lima. Instituto Nacional De Investigación Y Capacitación De Telecomunicaciones (INICTEL), 2005.

- [8] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá. 2005.
- [9] Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, Decreto 195. Diario Oficial 45.808, enero 31 de 2005.
- [10] Ministerio de Comunicaciones, República de Colombia, Resolución Número 001645 DE 29 julio de 2005 Por la cual se Reglamenta el Decreto 195 de 2005.