

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

# Diseño e implementación de un prototipo didáctico para la enseñanza de instalaciones eléctricas residenciales

José Raúl Betancur Valencia

Diego Ferney Hurtado Londoño

Sebastián Lora Grajales

INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

Director:

Msc. Carlos Mario Londoño Parra

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Medellín

febrero, 2017

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Con el propósito de tener una herramienta didáctica donde los estudiantes de ingeniería electromecánica del instituto tecnológico metropolitano puedan sintetizar los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso de instalaciones eléctricas residenciales se ha diseñado un simulador de instalaciones eléctricas residenciales y que en adelante será nombrando como SIER.

Con esta herramienta Los alumnos tienen la facilidad de conectar una instalación eléctrica residencial típica, previamente diseñada en un plano, con fundamento en las normas y reglamentos técnicos vigentes en Colombia.

El SIER, permite distribuir circuitos ramales con fundamento en la sección 210 del Código Eléctrico Colombiano (norma técnica colombiana NTC 2050), desde las protecciones, hasta la interconexión de los aparatos que hacen parte de una instalación eléctrica, y comprobar la funcionalidad de los diseños teóricos de instalaciones residenciales típicas, haciendo uso de la simbología eléctrica estandarizada en la norma IEC-60617 y que es referenciada en el artículo 6.1 del RETIE (MINMINAS, 2013).

El proyecto consta de dos componentes, “un módulo guía que en adelante será nombrado como (MG) y el (SIER).

EL MG hace referencia a la conexión de aparatos más usados en una instalación eléctrica residencial, explica su funcionamiento y el rol que desempeñan dentro de la misma.

El MG muestra la forma de incluir el elemento dentro de un circuito ramal, de acuerdo a un esquema de una instalación eléctrica previamente diseñada, indicando de manera sencilla, los puntos de conexión en una bornera, convenientemente ubicada en el SIER.

La conexión de los elementos de la instalación se realiza por medio de cables tipo “banana”, lo cual, ofrece una conexión rápida, fácil y segura.

El SIER fue construido haciendo uso del programa de diseño vectorial ILUSTRATOR y el modulo guía, con el programa de diseño INDESIGN.

Palabras clave: Instalación eléctrica, módulo didáctico, RETIE, riesgo eléctrico

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

# RECONOCIMIENTOS

---

Agradecimientos a

Eliecer Tabares magister en ciencias políticas de la universidad de Antioquia

Leidy Yohana Betancur escobar diseñadora gráfica del Cesde

Edier Marín, ingeniero electromecánico egresado del ITM.

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

## ACRÓNIMOS

---

IER: instalaciones eléctricas residenciales

SIER; simulador de instalaciones eléctricas residenciales

RETIE; reglamento técnico de instalaciones eléctricas residenciales de Colombia

NTC; norma técnica colombiana

EPM: Empresas Públicas de Medellín.

MG: módulo guía

ELECTRO PATOLOGÍA: disciplina que estudia los efectos de la corriente eléctrica potencialmente peligrosa y que puede producir lesiones en el organismo

CIRCUITO RAMAL: es la alimentación eléctrica exclusiva de una zona de la vivienda, conformado por una protección, una alimentación de fase, neutro, y tierra, y elementos de conexión final.

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

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS .....	3
ACRÓNIMOS .....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. Pertinencia.....	6
1.2. Justificación y problema abordado .....	7
1.3. Objetivo general .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Normas de Seguridad Eléctrica.....	11
3. METODOLOGÍA.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	26
REFERENCIAS .....	27
APÉNDICE.....	30

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

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Pertinencia

El prototipo didáctico construido tiene como *propósito facilitar* la comprensión de los temas relacionados con las instalaciones eléctricas residenciales. El proyecto se ajusta a las normas y reglamentos técnicos relativos a las instalaciones eléctricas que rigen en Colombia.

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas, que en adelante será nombrado como RETIE, cuyo objetivo fundamental versa en el artículo 1 *es “establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente, previendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos”* (MINMINAS, 2013), y la norma técnica colombiana NTC 2050, que en sus primeros capítulos hace referencia a las instalaciones eléctricas residenciales y que al igual que las normas internas de EPM regulan los aspectos técnicos de las redes eléctricas y buscan garantizar una instalación técnicamente funcional y segura.

Este proyecto proporciona a estudiantes y docentes, una herramienta didáctica, y tiene por objetivo, ayudar a asentar los conocimientos eléctricos sobre instalaciones eléctricas residenciales; por consiguiente, es necesario que los usuarios, tengan conocimientos sobre estas normas, en especial el RETIE, la NTC 2050 y la IEC 60617, esta última, contempla la simbología que deben cumplir los esquemas eléctricos y que son nombrados en el artículo 6.1 del RETIE.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

También se hace necesario que los alumnos tengan conocimientos teóricos relativos a la conexión de aparatos, circuitos ramales, y conocimientos básicos sobre diseños eléctricos previamente adquiridos en clase y estudiados en la sección 210 de la NTC 2050.

## **1.2. Justificación y problema abordado**

Este módulo didáctico, proporciona a los docentes una herramienta didáctica para afianzar en los alumnos los conocimientos teóricos, permitiéndoles comprender de una manera fácil y sencilla el funcionamiento de cada uno de los elementos que caracterizan una instalación residencial. Para cumplir este objetivo, se diseñó un MG. El MG tiene como principal objetivo explicar el diseño y funcionamiento del SIER mostrando fotos de los elementos que lo conforman y dando una breve explicación de cada uno de ellos sobre el funcionamiento en una IER, su conexión eléctrica y la guía de conexión en las borneras de SIER.

En el MG también se proponen ejercicios eléctricos, basados en una instalación eléctrica residencial típica, allí se plantean ejercicios que se podrán realizar en el SIER haciendo énfasis en la conexión de aparatos que ayudarán y facilitarán al estudiante el entendimiento sobre el funcionamiento del SIER.

La importancia de entender el funcionamiento del SIER, garantiza que el alumno puede enfrentarse a problemas reales de una IER haciendo el análisis del mismo, basándose en los conceptos teóricos y dando soluciones prácticas y coherentes.

## **1.3. Objetivo general**

Diseñar e implementar un prototipo didáctico para la enseñanza de instalaciones eléctricas residenciales

### **Objetivos específicos**

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

Caracterizar los dispositivos básicos de una instalación eléctrica residencial, que incluya la medida, protección y elementos de uso final, con fundamento en las normas de ejecución de planos eléctricos y reglamentos técnicos vigentes.

Construir un módulo didáctico, que permita realizar montajes típicos de instalaciones eléctricas residenciales, de fácil operación, y que cumpla con los requerimientos de seguridad contemplados en las normas.

Realizar un manual técnico que describa las características del módulo didáctico y su funcionamiento básico.

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

## 2. MARCO TEÓRICO

En la ciudad de Medellín el principal operador de red, es Empresas Públicas de Medellín, y como tal, exige en los diseños eléctricos, normas de instalaciones eléctricas internas de obligatorio cumplimiento, las cuales se han tenido en cuenta en este proyecto y pueden ser consultadas en la página institucional de esta entidad (EPM, 2017). El acceso a estas normas es libre, y el propósito es dar a conocer a los clientes internos y externos los criterios técnicos utilizados por EPM, para la construcción de redes eléctricas de distribución, aéreas y subterráneas e instalaciones eléctricas interiores para la distribución de energía.

Un estudio realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia en el año 2015 (UPME, 2015, pág. 29), mostró que mayor parte del consumo de energía eléctrica consumida en el país entre los años 2003 y 2014, provino de los hogares. El consumo residencial pasó de representar el 41% del consumo total del consumo de energía eléctrica en 2003, a ser el 46% del consumo total en 2014, con un consumo promedio anual del 7%, según el mismo estudio.

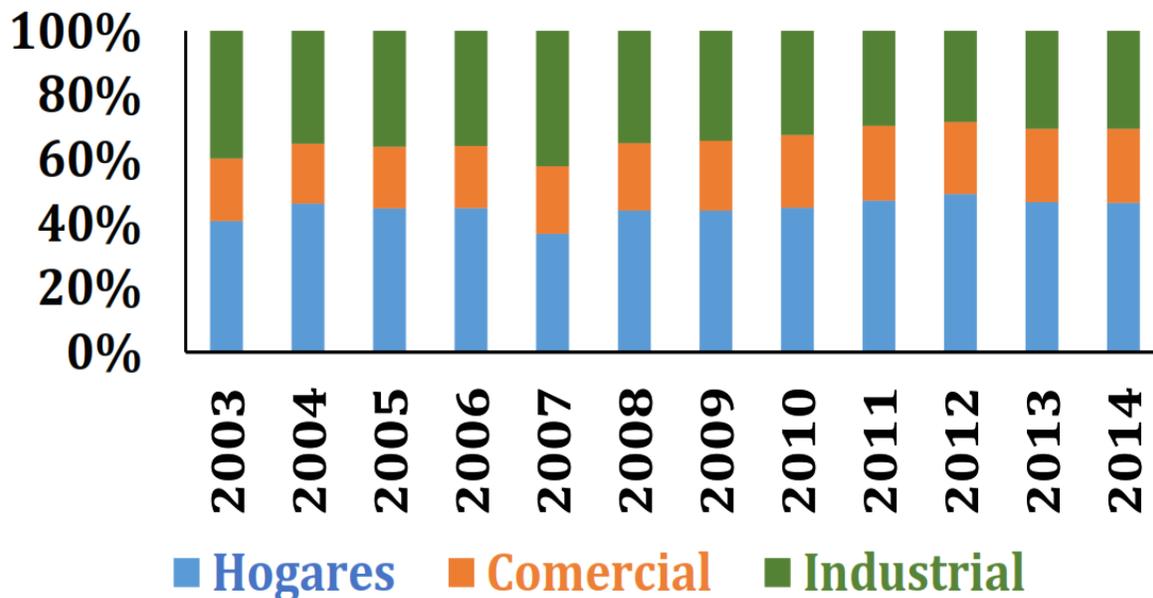


Figura1.0. Demanda de energía eléctrica en Colombia, por sector. (UPME, 2015)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Y por esta razón se le dedican los primeros capítulos de la norma NTC 2050 a su estudio. Al igual el diseño de toda instalación eléctrica debe cumplir con los parámetros del artículo 10 de la norma RETIE, que habla de los requerimientos generales de instalaciones eléctricas.

Las instituciones de enseñanza técnica, tecnológica o profesional que dictan programas relativos al tema de instalaciones eléctricas residenciales, ofrecen varias técnicas para llevar el conocimiento a los alumnos, este proyecto es una muestra de ello, y por eso, mediante este prototipo didáctico, los alumnos ahora pueden profundizar no solo sus conocimientos adquiridos en clase, sino también comprobar las técnicas de conexión de aparatos, calcular la demanda de una instalación y calcular el cable de acuerdo a la potencia instalada, y validar la funcionalidad de sus diseños.

El módulo guía, permite simular la conexión de los espacios más comunes de una vivienda (cocina, alcobas, zona de ropas, pasillos, entre otros) de manera sencilla.

En su primer capítulo se explica por medio de ejercicios la conexión de cada uno de los componentes del SIER, cuál es su función dentro de una instalación eléctrica y cuáles son sus puntos de conexión en la bornera. Cada capítulo del MG, presenta un cuestionario de ejercicios y problemas eléctricos que ayudarán a entender mejor los conocimientos explicados en cada uno de ellos.

Algunos ejercicios extraídos del capítulo 9 de la NTC 2050 (ICONTEC, 1998), ayudarán al estudiante a elaborar cuadros de cargas, calcular la demanda de consumo de una instalación eléctrica y calcular el calibre del conductor adecuado para dicho consumo, además se incorporan a este proyecto los cálculos de una instalación eléctrica real, con su plano, cuadro de cargas y cálculos de demanda y acometida.

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, el estudiante debe tener conocimientos previos sobre electricidad básica.

En el capítulo dos del MG, se presenta un compendio sobre las leyes eléctricas, la característica de los circuitos serie y paralelo, que son conocimientos necesarios, para poder enfrentar los diferentes fenómenos eléctricos, que se puedan presentar en cualquier tipo de instalaciones eléctricas.

La norma RETIE es revisada y actualizada cada cuatro años, por el ministerio de minas y energía, ya que la tecnología avanza y genera cambios en la necesidad de los usuarios, esto hace que los operadores de red como EPM estén en constante estudio de las necesidades de los usuarios para hacer cambios en su normativa interna, sin salirse de las normas básicas

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

que rigen en Colombia. Por esta razón, y porque las normas son dinámicas y están en continuo cambio, los autores de este proyecto recomendamos su consulta permanente.

En el capítulo tres se aborda el tema de los planos eléctricos y se explican cada una de las partes que conforman el plano como el diagrama unifilar, las escalas arquitectónicas, la simbología, las notas aclaratorias, los rótulos y el cuadro de cargas.

## **2.1. Normas de Seguridad Eléctrica**

¿Qué es seguridad industrial? ¿Será importante, para quien y por qué?

Anteriormente el hombre solo llevaba a cabo la seguridad por instinto de protección y supervivencia, ya que el ser humano siempre ha vivido con riesgos tanto en su vida cotidiana como en las actividades dentro del campo laboral, estos riesgos podían variar de acuerdo con la complejidad de las tareas que realizaba.

Después de la revolución industrial el hombre empezó a usar el término de seguridad industrial porque fue en las industrias textiles las primeras que empezaron a mecanizar con maquinarias pesadas y como consecuencia se incrementaron los accidentes y enfermedades laborales. Por eso hoy en día es diferente, los dueños de las empresas están obligados por ley a preservar sin duda no solo de la integridad física y mental de sus empleados sino también la del medio ambiente en el que vive y se desarrolla; por tal motivo se está desarrollando técnicas y medidas más adecuadas para concientizar a las personas de llevarlas a cabo para poder así reducir o eliminar las condiciones inseguras en las que se vea afectado el trabajador.

Se pueden encontrar diferentes definiciones de seguridad dependiendo del autor y del área del cual se está hablando, una manera sencilla de definir seguridad desde mi punto de vista es: **Realizar cualquier actividad con la confianza y conciencia de que no habrá riesgo alguno siguiendo las medidas de seguridad pertinentes**

El objetivo de cualquier sistema de gestión de seguridad, es influir en la conducta de todas aquellas personas que dentro del mismo tienen diferentes responsabilidades para alcanzar un fin común. Quiere esto decir que un sistema de gestión de la seguridad, para ser efectivo, debe influir en todos los niveles para que se tomen decisiones que favorezcan a la seguridad.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la actualidad para obtener resultados de excelencia en la seguridad industrial es necesario efectuar esfuerzos adicionales y diseñar e implementar estrategias y programas de prevención de accidentes distintos a los utilizados tradicionalmente en el común de las industrias.

Dependiendo de la empresa, existen distintas variantes de cómo implementar un programa de seguridad industrial. Sin embargo, como concepto fundamental, cada una de estas variantes apunta a un mismo objetivo.

Las empresas que se descuidan en la seguridad enfrentan adversidades como:

Pobre ambiente laboral: una empresa insegura no es la mejor opción para trabajar y no puede aspirar a atraer y retener el mejor talento.

Altos costos relacionados con los accidentes y con los daños ocasionados a la salud de los trabajadores.

Paros en los procesos productivos.

Problemas legales, multas, cierres y cláusulas

Imagen negativa para: inversionistas, clientes y público en general.

### **En Conclusión**

Para que siempre se cumpla con los objetivos de la seguridad se deberá realizar campañas y publicaciones periódicamente donde se concienticé al trabajador sobre las medidas de seguridad y prevención de accidentes en sus áreas de trabajo.

Todo accidente de trabajo es el resultado de causa y circunstancia desfavorable, por lo tanto, todo accidente puede ser evitado y con ello no tenemos que llegar al triste momento de tener que lamentarnos.

La seguridad es responsabilidad, de la empresa, de los trabajadores, de las instituciones, pero sobre todo... La seguridad es Mi responsabilidad

La seguridad industrial seguirá siempre siendo importante e impredecible mientras el ser humano y las empresas existan, y estas deben concientizarse que la seguridad no es un gasto sino una inversión. Ya que más vale la prevención que el arrepentimiento.

Por norma técnica se entiende: todo documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra para uso común y repetido, reglas, directrices y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

características para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado.

Las normas técnicas se deben basar en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, sus objetivos deben ser los beneficios óptimos para la comunidad.

En nuestro medio se cuenta con el INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC y más particularmente en el campo eléctrico el colombiano, a través de la norma técnica NTC 2050.

Las normas de seguridad, están diseñadas para evitar accidentes, su práctica y correcta aplicación deben proporcionar los mecanismos que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal, vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Las instalaciones eléctricas por muy sencillas o complejas que parezcan, son el medio mediante el cual los hogares y las industrias se abastecen de energía eléctrica para el funcionamiento de los aparatos domésticos o industriales respectivamente, que necesiten de ella. Es importante tener en cuenta los reglamentos que se deben cumplir al pie de la letra para garantizar un buen y duradero funcionamiento de estas instalaciones.

Muchos de los accidentes que se producen con aparatos e instalaciones eléctricas, se deben exclusivamente a la imprudencia de los usuarios y al desconocimiento de normas de seguridad básicas.

Las siguientes reglas y recomendaciones generales ayudarán a prevenir accidentes cuando realicemos cualquier tipo de trabajo eléctrico. Su aplicación oportuna puede salvar nuestra vida o la de otras personas, y su desatención puede causar la exposición a quemaduras, choques eléctricos, incendios y otras tragedias.

Si estás completamente seguro de cómo proceder ante un problema de electricidad, hazlo; si tienes alguna duda, solicita ayuda de alguien con mayor experiencia en este tipo de actividad.

No asumas nunca que un circuito está desenergizado.

- 1) Compruébalo siempre con una prueba fase, un multímetro, una lámpara de prueba o cualquier otro aparato o instrumento en buen estado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- 2) No trabajes con bajos niveles de iluminación, ni cuando estés cansado o tomando medicinas que induzcan al sueño.
- 3) No trabajes en zonas húmedas o mientras tú mismo o tu ropa estén húmedos. La humedad reduce la resistencia de la piel y favorece la circulación de la corriente eléctrica. Si el piso está mojado, utiliza una tabla seca para aislarte.
- 4) Usa herramientas, equipos y aparatos de protección aprobados y apropiados (gafas, guantes, zapatos, casco, etc.).
- 5) Mantén tus herramientas y demás elementos de trabajo eléctrico limpios y en buen estado.
- 6) Evita el uso de anillos, cadenas, pulseras y otros accesorios metálicos mientras realice trabajos eléctricos. No utilices tampoco prendas sueltas que puedan enredarse. Si usas cabello largo, recógelo.
- 7) No utilices agua para combatir incendios de origen eléctrico. Usa únicamente extintores de incendios apropiados, preferiblemente de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>). También pueden servir algunas espumas y sustancias halogenadas.
- 8) No intentes trabajar sobre equipos o circuitos complicados hasta estar seguro de comprender bien.
- 9) Localiza siempre el lugar donde están los dispositivos de desconexión de los aparatos e instalaciones eléctricas como enchufes, fusibles e interruptores generales. Si es necesario, márcalos con algún tipo de etiqueta.
- 10) No elimines la toma, ni los alambres de tierra de las instalaciones y aparatos eléctricos. Por el contrario, comprueba que estén en buen estado. Las conexiones de tierra protegen a las personas de recibir choques eléctricos. El conductor de protección verde/amarillo de las instalaciones no debe ser desconectado, eliminado ni empleado para otros fines.
- 11) Una persona que no tenga habilidades para utilizar herramientas básicas o seguir instrucciones escritas no debe intentar realizar instalaciones ni reparaciones eléctricas de cierta magnitud. Cualquier error podría ser fatal o causar daños irreversibles a ti, la propiedad y (o) a los aparatos eléctricos o electrónicos

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A partir del año 2005 el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, expedido por el Ministerio de minas y energía, a través de la Resolución No. 180398 de 2004, reglamenta y fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia.

El RETIE es un instrumento Técnico-Legal para Colombia que permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, cumplan con los siguientes objetivos legítimos:

- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal o vegetal.
- La preservación del medio ambiente.
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.

Para cumplir estos objetivos legítimos, el Reglamento Técnico se basó en los siguientes objetivos específicos:

- Fijar las condiciones para evitar accidentes por contactos eléctricos directos e indirectos.
- Establecer las condiciones para prevenir incendios causados por electricidad.
- Fijar las condiciones para evitar quema de árboles causada por acercamiento a líneas de energía.
- Establecer las condiciones para evitar muerte de animales causada por cercas eléctricas.
- Establecer las condiciones para evitar daños debidos a sobre corrientes y sobretensiones.
- Adoptar los símbolos de tipo verbal y gráfico que deben utilizar los profesionales que ejercen la electrotecnia.
- Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas.
- Establecer claramente los requisitos y responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, operadores, propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, distribuidores o importadores de materiales o equipos.
- Unificar las características esenciales de seguridad de productos eléctricos demás utilización, para asegurar mayor confiabilidad en su funcionamiento.
- Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión de datos verdaderos que no cumplen las exigencias del presente Reglamento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Exigir confiabilidad y compatibilidad de los productos y equipos eléctricos mencionados expresamente

Una instalación eléctrica se define como el conjunto de materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante los que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; se incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

El tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos que vayan a utilizarse. Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores tales como las características conductoras del lugar del trabajo (posible presencia de superficies muy conductoras, agua o humedad), la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico.

En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo, su uso y su mantenimiento deberán cumplir lo establecido en el RETIE, la norma NTC 2050 y las normas internas de OR, así como también la normativa general de seguridad y salud sobre lugares de trabajo, equipos de trabajo y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa específica que les dé aplique.

Por considerar de vital importancia la seguridad eléctrica, en este trabajo se ha dedicado el anexo 1, a profundizar en el tema del riesgo eléctrico.

### **Normas técnicas de energía**

EPM o el OR de la zona, a través de los años ha diseñado y construido redes de energía eléctrica, tanto aéreas como subterráneas, la información que ha servido para hacerlo y la experiencia de sus técnicos se han plasmado en dos manuales de normas técnicas que sirven de consulta interna y externa a todas las personas o entidades que de cualquier forma requieren interactuar o intervenir la red de distribución de energía de las empresas.

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

### 3. METODOLOGÍA

---

Este módulo se diseñó con base a las necesidades de la institución, con el propósito de propender por el desarrollo de ciertas prácticas académicas referentes a la distribución de instalaciones eléctricas residenciales y reforzar los conocimientos de los estudiantes en esta especialidad.

Para la fabricación del módulo se hizo necesario contar con el acompañamiento de Edier Marín, ingeniero electromecánico egresado de la institución, quien nos asesoró en la elaboración del diseño de la parte frontal del simulador haciendo uso de la rutiadora CNC de tres ejes reciente mente adquirida por la institución para el laboratorio de diseño industrial., en la siguiente figura se muestra la parte frontal del módulo cuyas medidas reales son de 1m x 0,50m x 0,30m, donde también se muestran los avances de la construcción del simulador y se muestran los puntos de conexión en bornera de los componentes del SIER.

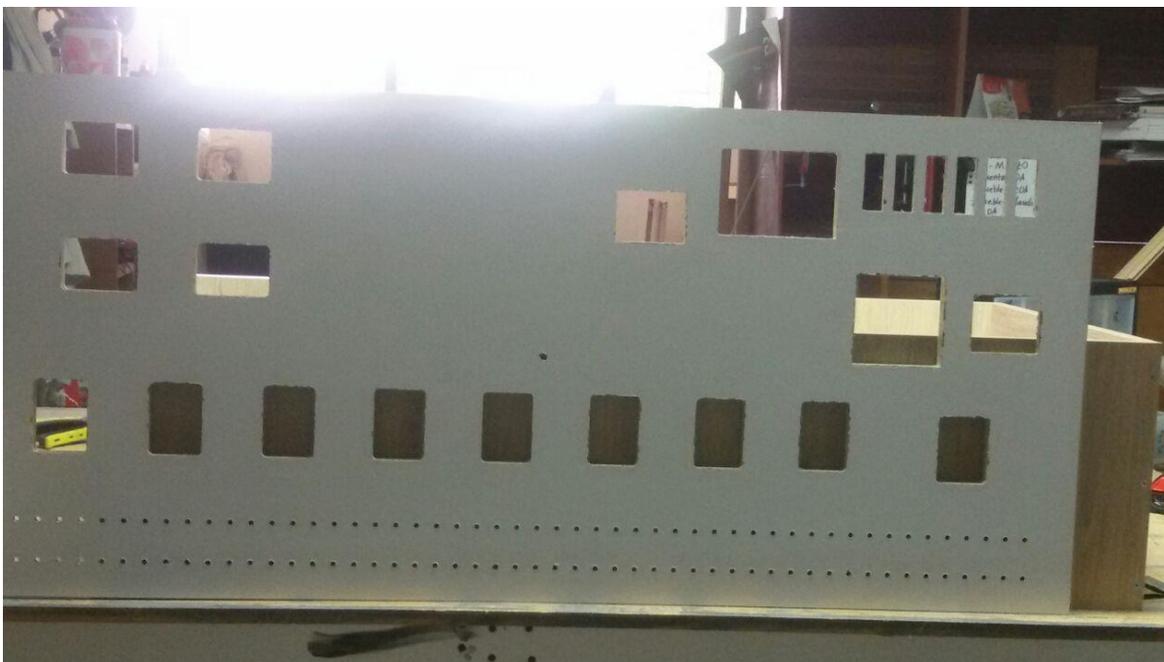


Figura 1.2 Parte frontal del simulador con un 35% en avances.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

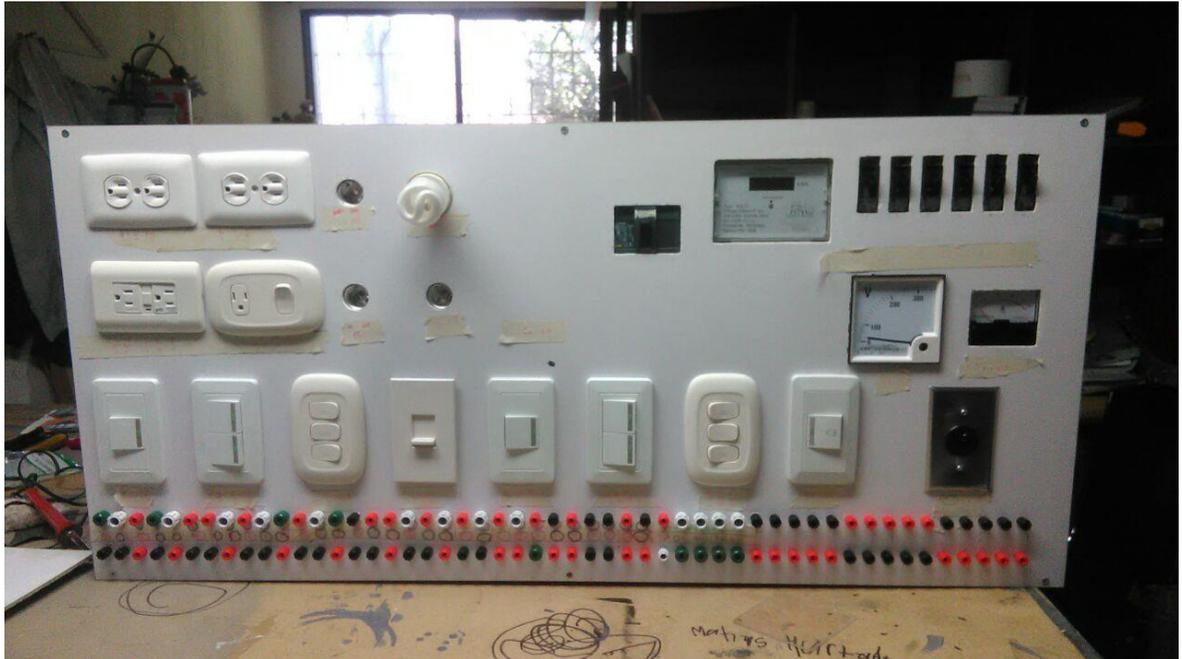


Figura 1.3 Parte frontal del simulador con un 95% en avances

Al cual se le realizaron diferentes perforaciones usando la rutiadora CNC de tres ejes y el programa de diseño CREO PARAMETRIC 3.0 que se encuentra en el laboratorio de diseño industrial de la institución.

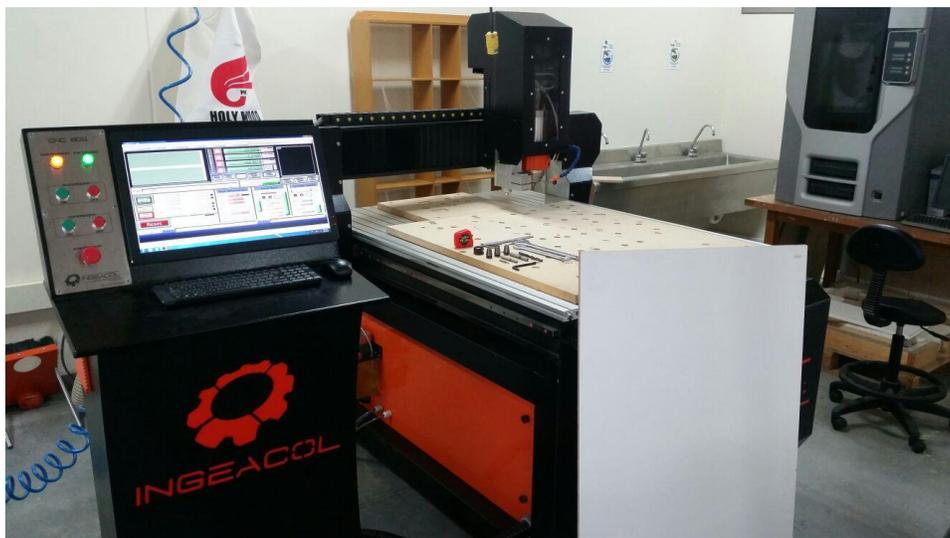


Figura 1.4 rutiadora CNC de tres ejes

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El simulador se fabricó en madera aglomerada de 15mm minimizando así el riesgo de una descarga eléctrica de la persona que lo opera, ya que la madera no es conductora y sirve de aislante entre la persona y los componentes eléctricos del módulo. Evitando así accidentes por contacto y dando cumplimiento con lo establecido en el capítulo 2 artículo 9 del RETIE. Donde se tratan los análisis de riesgo de origen eléctrico y las consecuencias electro patológicas.

Para la fabricación del módulo se usó un grupo de herramientas tales como, sierra circular de mesa, taladro, atornillador, pegamento para madera, tornillo de ensamble, pela cables, alicata, cautín

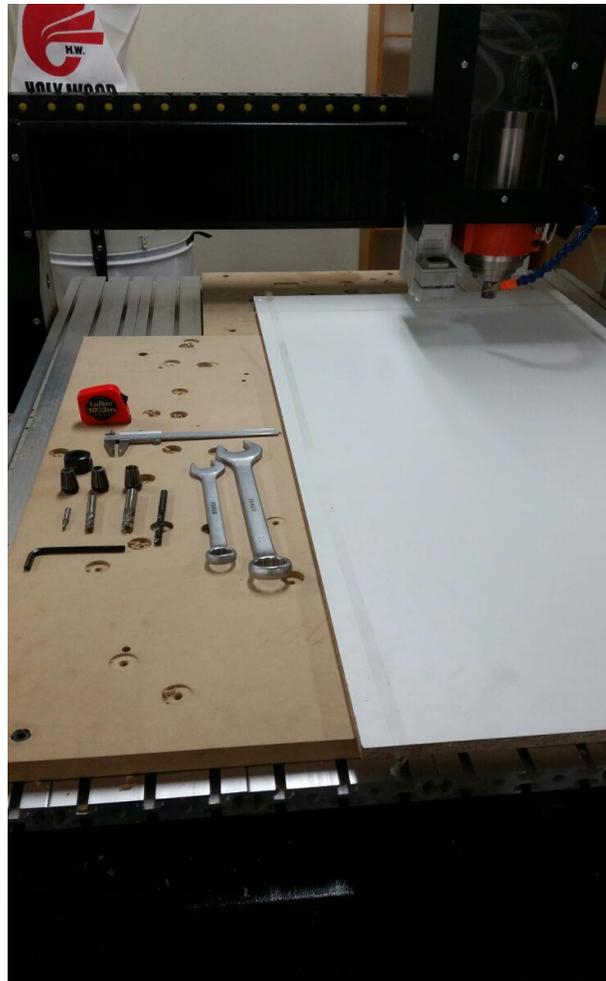


figura1.5

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

Para el desarrollo de este proyecto se hizo uso de varios programas de diseño como illustrator programa de diseño vectorial con el cual se diseñó la parte física del SIER y el indesign que es un programa de diseño editorial usado para crear el MG.

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

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

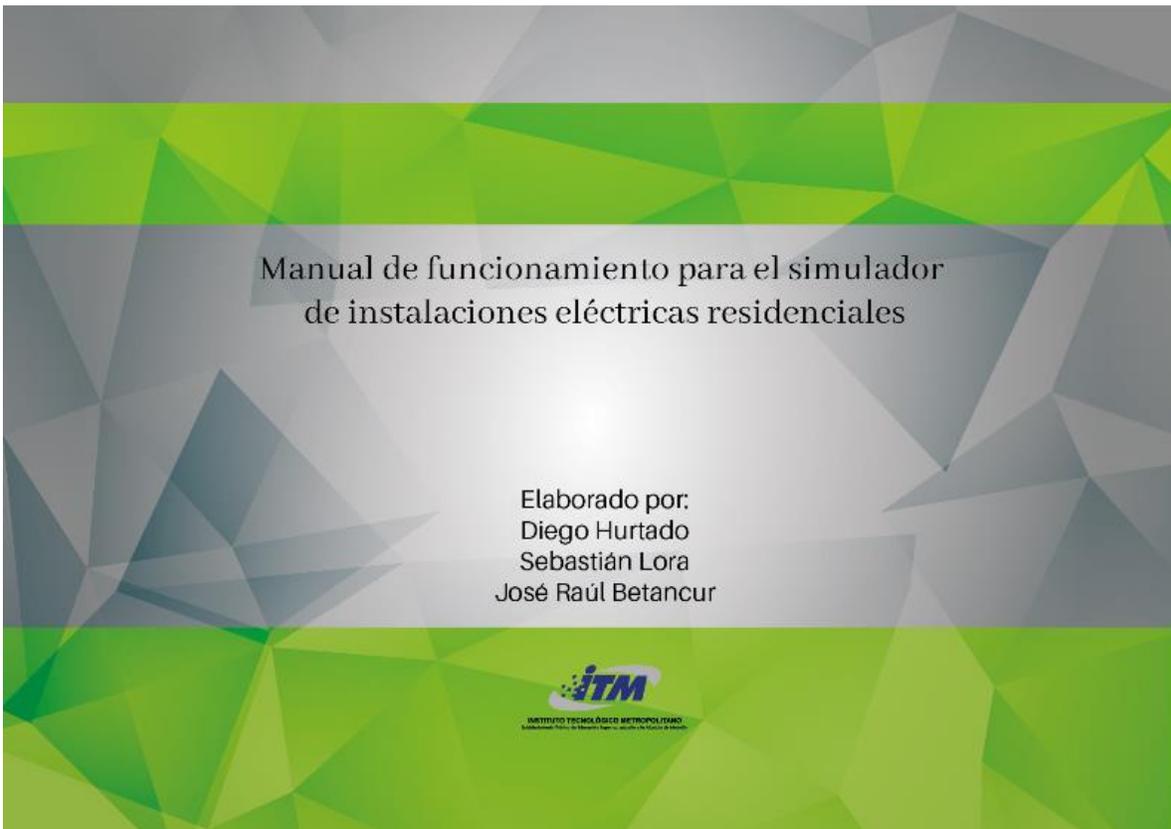
Se ha diseñado e implementado un **‘Simulador de Instalaciones Eléctricas Residenciales – SIER’**, completamente operativo, como una herramienta didáctica para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, en materia de instalaciones eléctricas y para facilitar al estudiante verificar el buen funcionamiento de una red eléctrica interna permitiéndole combinar los elementos que conforman un circuito ramal y que previamente fue diseñada en un diagrama unifilar.



Como apoyo al funcionamiento del SIER, se diseñó un **‘manual técnico de operación del módulo didáctico’**, cuyo objetivo es orientar a los profesores en la planeación de las prácticas y a los estudiantes, en la forma de conectar los aparatos, para que puedan funcionar de acuerdo al diseño eléctrico planteado.

En el manual técnico, se han caracterizado los aparatos de uso final, más comúnmente usados en una instalación residencial convencional, mostrando imágenes reales de los elementos instalados en el módulo, definiendo y especificando su funcionamiento dentro de un circuito ramal, esto, permite que el estudiante tenga más claridad acerca de la conexión de los elementos de instalación eléctrica y su funcionamiento dentro de un circuito ramal específico.

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



También ofrece el manual técnico, ejercicios prácticos de montaje y cálculos de circuitos ramales, cálculos de acometidas, cálculo de la demanda eléctrica, y una teoría básica sobre como diseñar un plano eléctrico y sus componentes, todo ello, aplicado específicamente para el módulo didáctico.

Mediante el SIER, el estudiante puede comprobar el funcionamiento de sus diseños al poder simular de una manera fácil y rápida todas las conexiones de su montaje.

El simulador de instalaciones eléctricas es una herramienta de trabajo con múltiples ventajas frente a otras técnicas usadas en la enseñanza de instalaciones eléctricas dentro de las cuales podemos resaltar las siguientes:

**En el aspecto físico**

- Ocupa poco espacio en los sitios de trabajo
- Portabilidad – por su tamaño, se puede transportar fácilmente
- Tiene poco peso

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

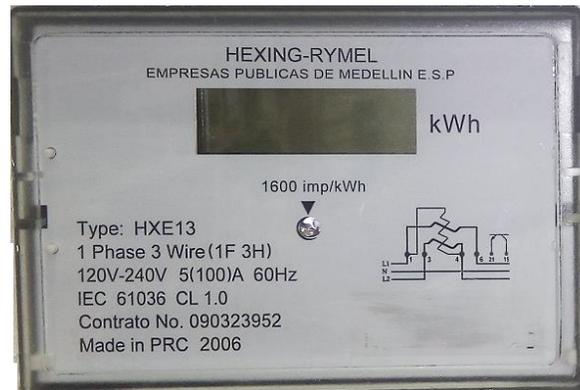
## En el aspecto técnico

- Permite una fácil visualización de los componentes de una instalación eléctrica.
- Identificación de la bornera externa por colores: blanco para el hilo neutro, verde para el conductor de tierra, y rojo o negro para el conductor energizado.
- Facilita las conexiones entre componentes que hacen parte de un circuito ramal
- Permite al practicante visualizar el correcto funcionamiento de un circuito ramal, previamente diseñado en un diagrama unifilar
- Versatilidad en la simulación de una instalación eléctrica monofásica real, de dos o tres hilos con neutro y tierra, ya que se pueden planear hasta seis espacios físicos, como: alcobas, cocina, baño o zona de ropas, cada zona protegida por un interruptor termomagnéticos independiente



- Posibilidad de medir energía eléctrica activa, mediante contador electrónico monofásico, y simultáneamente las variables potencia, corriente, voltaje, frecuencia, factor de potencia, de una red monofásica bifilar o trifilar.

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



### En el tema de la seguridad

- Cumple con los requerimientos del RETIE y de la norma NTC – 2050
- Los bornes que hacen parte de cada componente tienen una conexión independiente y exclusiva en los bornes de conexión externa, con cableado independiente de las fases, neutro y tierra, lo cual minimiza las posibilidades de cortocircuito.
- Por estar construido en madera minimiza los riesgos de energización por corrientes de toque y aislando del exterior cualquier posibilidad de cortocircuito.
- Ofrece protección individual para seis zonas, además de la protección contra contacto indirecto, mediante un interruptor de protección diferencial – GFCI



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

### **En lo relacionado con los costos**

- Por ser un módulo compacto y de poco tamaño los costos de fabricación son relativamente bajos frente a otros sistemas que son usados tradicionalmente.
- Representa un ahorro en materiales ya que no se requiere de materiales nuevos para cada práctica y siempre se podrán implementar diferentes prácticas con los mismos elementos de conexión.

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

## 5. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

Con la elaboración de este proyecto se dejan asentadas las bases para una segunda etapa de simuladores eléctricos que ya no sería de aplicación al sector residencial, **sino industrial, materializado en un prototipo trifásico, donde los alumnos del programa de electromecánica del ITM puedan hacer sus prácticas y mediciones el campo industrial**, pudiendo calcular las diferentes variables que intervienen en una instalación eléctrica como son:

- Factor de potencia
- Potencia activa y reactiva
- Diseñar sistemas de corriente alterna monofásicos y trifásicos
- Simular aplicaciones de análisis y cálculo de circuitos con elementos RLC, en el dominio del tiempo o de la frecuencia
- Cálculo de impedancias
- Comprobación de Cálculos de sistemas trifásicos

También deja la propuesta de diseñar e implementar, prototipos de simulación enfocados en otras **formas no convencionales de generación y aprovechamiento de energía eléctrica**, y energías renovables, que sirvan de fuente de conocimiento y aprendizaje y motive a estudiantes y profesores a un constante estudio e investigación sobre las nuevas propuestas tecnológicas derivadas de las distintas formas de generación eléctricas.

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

## REFERENCIAS

Ambiental, I. (13 de 11 de 2006). Recuperado el 18 de 11 de 2016, de [http://www.ingenieroambiental.com/4023/24\\_preencion%20de%20riesgos%20electricos\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/24_preencion%20de%20riesgos%20electricos(2).pdf)

anonimo. (23 de febrero de 2016). *www.simbologia-electronica.com/...electricos.../simbolos-electricos.htm*. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de [www.simbologia-electronica.com/...electricos.../simbolos-electricos.htm](http://www.simbologia-electronica.com/...electricos.../simbolos-electricos.htm):  
<http://www.artegijon.com/UserFiles/File/Toni/IBASICAS/simbolosnuevos.pdf>

Arcia, M. E. (18 de agosto de 2012). *Casas Ecológicas*. Recuperado el 21 de febrero de 2016, de <http://icasasecologicas.com/>: <http://icasasecologicas.com/simbolos-de-electricidad-en-planos/>

Bello Sernageomin, B. (11 de 2015). *sergeomin*. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de [http://www.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Riesgos-electricos-en-la-mineria\(BernardoBelloSernageomin\).pdf](http://www.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Riesgos-electricos-en-la-mineria(BernardoBelloSernageomin).pdf)

calameo.com. (s.f.). *simbols3.jpg*. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de [https://www.google.com.co/search?q=simbologia+electronica&espv=2&biw=1242&bih=585&tbm=isch&imgil=TEteILfxms0-\\_M%253A%253BxFxFpY\\_tIMib3M%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.aficionadosalamecanica.net%25252Fcurso\\_simbologia.htm&source=iu&pf=m&fir=TEteILfxms0-\\_M%](https://www.google.com.co/search?q=simbologia+electronica&espv=2&biw=1242&bih=585&tbm=isch&imgil=TEteILfxms0-_M%253A%253BxFxFpY_tIMib3M%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.aficionadosalamecanica.net%25252Fcurso_simbologia.htm&source=iu&pf=m&fir=TEteILfxms0-_M%)

*curso de instalaciones electricas*. (junio de 2008). Recuperado el 25 de febrero de 2016, de <http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/feeds/posts/default>:  
[cursosdeelectricidad.blogspot.com/.../tema-48-factor-de-demanda.html](http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/.../tema-48-factor-de-demanda.html)

easi. (s.f.).  
[http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id\\_prod=84360&id\\_cat=0&tpCa=4&caN0=5036&caN1=5049&caN2=8350&caN3=0](http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=84360&id_cat=0&tpCa=4&caN0=5036&caN1=5049&caN2=8350&caN3=0). Recuperado el 26 de febrero de 2016, de easi:  
[https://www.google.com.co/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwin8Nf-wpbLAhXJ\\_R4KHeJAApwQjB0IBg&url=http%3A%2F%2Fwww.easy.cl%2Feasy%2FPr](https://www.google.com.co/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwin8Nf-wpbLAhXJ_R4KHeJAApwQjB0IBg&url=http%3A%2F%2Fwww.easy.cl%2Feasy%2FPr)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

productDisplay%3Fmundo%3D1%26id\_prod%3D84360%26id\_cat%3D0%26tpCa%3D4%26caN0%3D5036%26caN1

Energia, M. d. (30 de 08 de 2013). *MINMINAS*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf/14fa9857-1697-44ed-a6b2-f6dc570b7f43>

EPM. (04 de 2011). *EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN, E.S.P.* Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/037/93/293/RA8-016.pdf>

EPM. (19 de 02 de 2016). *WWW.EPM.COM*. Recuperado el 24 de FEBRERO de 2016, de [WWW.EPM.COM: www.epm.com.co/site/.../Normastécnicas/Energía.aspx](http://WWW.EPM.COM:www.epm.com.co/site/.../Normastécnicas/Energía.aspx)

EPM. (enero de 2017). Recuperado el 24 de enero de 2017, de Empresas Públicas de Medellín: <http://www.epm.com.co/site/proveedoresycontratistas/Proveedoresycontratistas/Centrodedocumentos/Normast%C3%A9cnicas/Energ%C3%ADa.aspx>

Espeso S., J. A., Fernández S., F., Paramio P., A., Fernández M., B., & Espeso E., M. (2010). *Coordinadores de Seguridad y Salud en el Sector de la Construcción (Manual para la formación)*. Valladolid, ESPAÑA: LEX NOVA.

EXITAE. (2007). <http://imgcom.exitae.es/comun/images/contacto%20directo.JPG>. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de <http://www.exitae.es/>.

Fernández García, M., Moriel Espinosa, A., & Recio Miñarro, J. (s.f.). Recuperado el 18 de 11 de 2016, de quimicaweb: [http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/tema8/index8.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema8/index8.htm)

Gil, J. M., García, C. F., & Lasso Tarraga, D. (2010). *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Madrid: Editorial Paraninfo, 2010.

ICONTEC. (25 de noviembre de 1998). *Código Eléctrico Colombiano. Norma Técnica Colombiana NTC 2050, 1° actualización*. Bogotá, Colombia: Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Martini, P. (22 de 02 de 2013). *Facultad de Lenguas - Universidad Nacional de Cordoba*. Obtenido de <http://www.lenguas.unc.edu.ar/higieneysseguridad/6-Riesgo%20electrico.pdf>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

MINMINAS. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. resolución 9 0708 Anexo 1.* . Bogota, Colombia.

Recio Miñarro, J. (17 de noviembre de 2016). *RECURSOS TIC PARA EL ÁREA DE FÍSICA Y QUÍMICA EN 3º DE ESO.* Obtenido de  
[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/:](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/)  
[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/tema8/index8.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema8/index8.htm)

RIOJA, U. D. (18 de 05 de 2015). *UNIRIOJA.* Recuperado el 18 de 10 de 2016, de  
[https://www.unirioja.es/servicios/spri/pdf/riesgos\\_electricos.pdf](https://www.unirioja.es/servicios/spri/pdf/riesgos_electricos.pdf)

S.A., S. D. (2016). *arlsura.* Obtenido de  
<https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/59-centro-de-documentacion-anterior/gestion-de-la-salud-ocupacional-/326--sp-27016>

Sector electricidad. (2013). Recuperado el 17 de octubre de 2016, de  
[http://www.sectorelectricidad.com/wp-content/uploads/2013/05/:](http://www.sectorelectricidad.com/wp-content/uploads/2013/05/)  
<http://www.sectorelectricidad.com/wp-content/uploads/2013/05/5-reglas-de-oro-mantenimiento-electrico.jpg>

UPME. (2006). *Unidad de planeación Minero Energética de Colombia - UPME.* Recuperado el 14 de noviembre de 2016, de Caracterización energética de los sectores residencial, comercial e industrial. Grupo de Demanda Energética:  
[http://www.upme.gov.co/Upme12/2007/Upme13/Caracterizacion\\_energetica\\_sectores.pdf](http://www.upme.gov.co/Upme12/2007/Upme13/Caracterizacion_energetica_sectores.pdf)

UPME. (2015). *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia. Revisión marzo de 2015.* República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. Subdirección de Demanda , Bogotá. Recuperado el noviembre de 2016

VALENCIA, U. P. (2012). *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.* Obtenido de  
[https://www.spri.upv.es/IOP\\_ELEC\\_02.htm](https://www.spri.upv.es/IOP_ELEC_02.htm)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE

---

### **Anexo 1. Manual técnico y guía de operación del módulo**

Se ha diseñado el prototipo de simulación de instalaciones eléctricas residenciales que viene acompañado de este manual técnico, que muestra a los usuarios el manejo de cada uno de sus componentes que integran el módulo, y su funcionamiento dentro de una instalación interna, la cual debe ser previamente diseñada en un plano arquitectónico con un diagrama unifilar.

El propósito del manual es facilitar la comprensión de los temas relacionados con instalaciones eléctricas residenciales y poner a disposición de los usuarios una herramienta técnica que le permita acercarse más al entendimiento de los temas sobre instalaciones eléctricas residenciales y familiarizarse con la operación del módulo.

La lógica cableada que usa este prototipo permite al estudiante mezclar las conexiones necesarias para conformar los diferentes circuitos ramales que hacen parte de una red eléctrica residencial.

Se muestran sobre cada elemento los puntos de conexión en bornera donde se hace la conexión final para incluirlo en el circuito ramal.

Este manual es un breve resumen sobre las condiciones de cómo conectar un aparato eléctrico y como elaborar un plano eléctrico, las partes que conforman ese plano, como calcular un circuito ramal y a demás complementan la información con referencias de las normas donde el estudiante puede consultar las inquietudes referentes a la normalización de los diseños eléctricos.

El manual consta de las siguientes secciones: introducción, objetivos generales y específicos, y tres capítulos:

En el capítulo 1, se describe la estructura del módulo y el funcionamiento general del simulador. También se muestra cómo conectar los elementos de instalación; en el capítulo 2, se hace una revisión de los fundamentos de la electricidad y las leyes circuitales, aplicadas a una instalación eléctrica residencial; y en el capítulo 3, se presenta un modelo de una instalación eléctrica residencial, mediante un plano eléctrico típico, que incluye:

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

dormitorios, cocina, parqueadero, zona de ropas, baños, entre otros espacios. Y se presentan los cálculos necesarios para su ejecución.

El manual se entrega en un documento independiente, para facilitar su consulta.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ANEXO 2. Riesgo eléctrico

### Introducción a la seguridad industrial

En la historia de la humanidad, el hombre ha tenido siempre que saciar sus necesidades. Estas necesidades las ha cubierto, a veces adueñándose del ofrecimiento que nos da la naturaleza, y haciendo uso directo de ella, y otras ha tenido la necesidad de transformar estas carencias, dando lugar a una elaboración del producto y con ello a la aparición del trabajo.

La forma de trabajar ha estado siempre ha estado restringido por la particularidad de cada pueblo, podemos considerar dos como fundamentales:

1. Organización de trabajo
2. Avance de la tecnología

Las dos son importantes, no obstante, un mal planteamiento de las mismas no hace más que aumentar las condiciones de trabajo, poniendo en peligro la salud.

Es nombrar que el hombre en facultad de su trabajo y en práctica de su actividad cotidiana debe estar libre de peligro, daño o riesgo como condición de bienestar y calidad de vida.

En nuestra sociedad, la electricidad es la forma de energía más utilizada; la facilidad con que es transportada y su transformación particularmente fácil en otras formas de energía han contribuido al desarrollo de sus aplicaciones. La electricidad es el soporte fundamental para el progreso tecnológico. Resultan evidentes las ventajas que ella representa, tanto en la vida doméstica como en el ámbito laboral. Sin embargo, a pesar del control que sobre ella tenemos, nos vemos igualmente expuestos al riesgo de sufrir algún accidente por esta causa.

**La electricidad NO SE VE**, este es un fenómeno que escapa a nuestros sentidos, sólo se perciben sus manifestaciones externas; luz, calor, movimiento. La electricidad es muy peligrosa, tanto más cuanto no es perceptible (Martini, 2013):

- No tiene olor
- No puede ser detectada con la vista
- No se aprecia con los oídos

### ¿Por qué es importante la prevención de riesgos?

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

la envergadura de la prevención de riesgos es para que los trabajadores tomen entendimiento a que están expuestos en determinados riesgos en el entorno laboral, pero sobre todo en las actividades en donde se haga uso de la electricidad, para que estos riesgos deban eliminarse o minimizarse a través de las medidas de prevención antes de que generen accidentes laborales, enfermedades profesionales o simples daños materiales, debido a que generan una serie de costos que son contraproducentes para la empresa.

El tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos que vayan a utilizarse.

Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores tales como las características conductoras del lugar del trabajo (posible presencia de superficies muy conductoras, agua o humedad), la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico. (Espeso S., Fernández S., Paramio P., Fernández M., & Espeso E., 2010)

En los lugares de trabajo sólo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos por su fabricante sea compatible con el tipo de instalación eléctrica existente.

Las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores, si existen, y a la propia experiencia del constructor. En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo, su uso y su mantenimiento deberán cumplir lo establecido en el RETIE, la norma NTC 2050 y las normas internas de EPM, así como también la normativa general de seguridad y salud sobre lugares de trabajo, equipos de trabajo y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa específica que les dé aplique.

El riesgo eléctrico existe allá donde existe tensión eléctrica, sea en nuestra casa o en nuestro trabajo. Se entenderá como riesgo eléctrico al riesgo originado por la energía eléctrica. (EPM, 2011)

## **Definiciones y conceptos básicos de prevención de riesgos**

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

**1. Riesgo de electrocución:** se puede definir como la "posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano". Así, se pueden considerar los siguientes aspectos:

- a) Para que exista posibilidad de circulación de corriente eléctrica es necesario:
- Que exista un circuito eléctrico formado por elementos conductores
  - Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse
  - Que en el circuito exista una diferencia de potencial mayor que cero
- b) Para que exista posibilidad de circulación de corriente por el cuerpo humano es necesario:
- Que el cuerpo humano sea conductor. El cuerpo humano, si no está aislado, es conductor debido a los líquidos que contiene (sangre, linfa, etc.)
  - Que el cuerpo humano forme parte del circuito
  - Que exista entre los puntos de "entrada" y "salida" del cuerpo humano una diferencia de potencial mayor que cero

Cuando estos requisitos se cumplan, se podrá afirmar que existe o puede existir riesgo de electrocución (VALENCIA, 2012).

**2. Accidente:** es un suceso repentino no deseado que produce consecuencias negativas ya sea en las personas, las instalaciones, las máquinas o el proceso. (S.A., 2016)

**3. Incidente:** es un suceso repentino no deseado que ocurre por las mismas causas que se presentan los accidentes, sólo que por cuestiones del azar no desencadena lesiones en las personas, daños a la propiedad, al proceso o al ambiente. Un incidente es una alerta que es necesario atender. Es la oportunidad para identificar y controlar las causas básicas que lo generaron, antes de que ocurra un accidente. La verdadera prevención se logra investigando los INCIDENTES y adoptando las recomendaciones que se generan de la investigación, ya que siempre que ocurre un accidente, han ocurrido previamente varios incidentes que alertaron sobre la situación de riesgo (S.A., 2016)

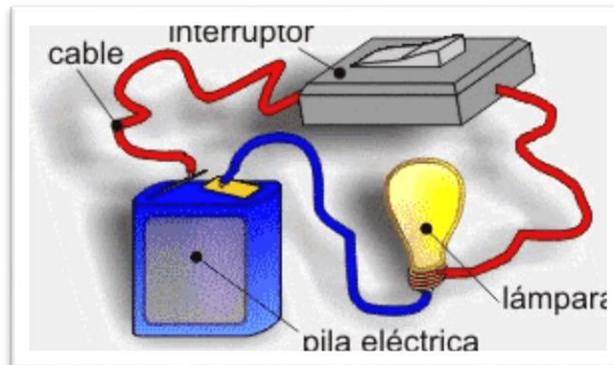
**4. Investigación:** es la acción por medio de la cual personal calificado busca evidencias objetivas acerca del incidente o accidente. La investigación se debe realizar tan pronto como ocurran el evento y en la medida de lo posible en el sitio donde ocurrió. Para realizar la investigación es fundamental centrarse en la búsqueda de las causas y nunca en los culpables. Es necesario evitar los prejuicios en la toma de datos. (S.A., 2016)

## Fundamentos de electricidad

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Un circuito eléctrico es un sistema constituido básicamente por 3 elementos, por las cuales puede fluir una corriente eléctrica:

- a) Una fuente generadora de energía.
- b) Un elemento de consumo (calor, luz, fuerza).
- c) Un medio conductor (cables conductores y tierra).



(Recio Miñarro, 2016)

- El medio CONDUCTOR: consiste en alambres, forrados en material aislante eléctrico y que sirven para transportar la corriente eléctrica entre la fuente generadora y el consumo.
- La TIERRA: es también medios conductores que se utilizan en algunos casos, y que constituyen parte de un circuito eléctrico en cualquier instante.
- Para que en el circuito no circule constantemente la corriente, se monta un INTERRUPTOR (S) para cortar su camino. (Fernández García, Moriel Espinosa, & Recio Miñarro, s.f.)

## Naturaleza de la exposición al riesgo eléctrico y tipos de lesiones

(Ambiental, 2006)

### 1. Daños al paso de la corriente a través del organismo, a consecuencia del contacto con elementos energizados.

- Muerte por fibrilación ventricular
- Muerte por detención respiratoria o cardiaca
- Lesión mortal o no, provocado por quemaduras internas, haya o no quemaduras por arco eléctrico
- Lesión provocada por deterioro del tejido nervioso
- Lesión mortal o no, provocada por la acción toxica de la quemadura
- Lesión traumática provocada por una contracción muscular violenta.
- Lesión traumática a consecuencia de una caída de distinto nivel
- Efectos electrolitos debidos al paso de la corriente continua a través del organismo

### 2. Daños que se producen sin que haya paso de la corriente a través del organismo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Quemaduras directas por arco eléctrico o con proyección de metal fundido
- Quemaduras provocadas por la radiación de arcos muy potentes
- Lesiones provocadas por la puesta en marcha imprevisto de máquinas, explosión de aparatos de interrupción, etc
- Lesiones debidas a la inflamación o explosión de vapores, líquidos y sólidos, provocados por la electricidad.
- Lesiones oftalmológicas por arcos eléctricos

### 3. Daños por corriente inducida en el organismo o en la proximidad del mismo, por campos electromagnéticos intensos.

- Lesiones provocadas por la elevación de temperatura del conjunto del organismo
- Lesiones locales, ejemplo: formación de cataratas en los ojos
- Quemaduras provocadas por objetos metálicos, tales como: anillos, obturaciones dentales

## Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo

(Bello Sernageomin, 2015)

De las manifestaciones visibles de la vida, es la conciencia la que generalmente desaparece primero, y a continuación se suspende la respiración mientras las contracciones cardiacas suelen persistir por algún tiempo.

Los signos de una muerte definitiva son a grandes rasgos: el enfriamiento del cuerpo, la rigidez y la palidez cadavérica.

Podemos concluir que precisamente en el intervalo que existe entre los estados de muerte aparente y muerte real definido como muerte clínica es cuando debe procurarse por todos los medios obtener la reanimación del electrocutado. Los textos de estudio y las publicaciones especializados clasifican estos efectos de la siguiente manera:

- a) **Tetanización.** Cuando un músculo es sometido a excitación que lo obliguen a estirarse y contraerse varias veces en un lapso corto, éste queda en estado de contracción permanente llamado TETANO.

Este efecto impide a la víctima efectuar cualquier movimiento con ellos. Sólo se puede hacer uso de aquellos músculos no afectados por la corriente. En algunos casos el efecto es de tal forma, que lanza a la persona lejos, fuera del contacto con el circuito

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- b) **Asfixia:** Existen dos formas en que la corriente produce paralización del sistema respiratorio.
- La corriente afecta los centros nervioso respiratorio, cesando el efecto provocado conjuntamente con el cese de la corriente, siempre que no haya lesión de dichos centros.
  - La suspensión de la respiración normal también suele producirse debido a la tetanización de los músculos respiratorios.
- c) **Fibrilación ventricular:** Estando el corazón trabajando normalmente, sus fibras se contraen rítmicamente y dan lugar al ciclo cardiaco. Una corriente eléctrica puede alterar este último, provocando movimiento asincrónico, lo que puede acarrear una detención del ciclo cardiaco, provocando la muerte.
- d) **Efecto térmico:** El paso de la corriente a través del organismo desarrolla una cantidad de calor que produce una elevación de la temperatura de los tejidos. El aumento de la temperatura produce daños de carácter local (quemaduras en los puntos de contacto), bien de orden general (quemaduras de magnitud que comprometen la vida del individuo). Las quemaduras por accidente eléctricos pueden producirse de dos maneras por: arco eléctrico o efecto joule.

## Reacción de la corriente eléctrica en el organismo

(Bello Sernageomin, 2015)

Las diferentes reacciones que pueden originarse en el organismo humano por el contacto con los conductores bajo tensión dependen de un cierto número de elementos, que son:

- a) La intensidad de la corriente
- b) La resistencia eléctrica del individuo
- c) La tensión
- d) Frecuencia y forma de la corriente
- e) Tiempo de contacto
- f) Trayecto de la corriente en el organismo
- g) quemaduras

Estos elementos no actúan independientemente unos de otros. Existen por el contrario interacciones de alguno de estos factores con los demás.

### a) La intensidad de la corriente:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La corriente eléctrica, tiene acción directa en el cuerpo humano, «Es la Intensidad la que mata». Se han indicado valores mínimos de intensidad susceptibles de originar ciertas percepciones y trastornos en el organismo.

Las corrientes eléctricas, para nuestro estudio, se han clasificado en cuatro categorías, según su intensidad y su acción sobre el organismo.

- **Categoría I**

**Rango:** Intensidad de corriente inferiores a 25 mA

**Acción:** Se comprueba la aparición de contracciones musculares sin ninguna influencia nociva sobre el corazón.

- **Categoría II**

**Rango:** Intensidad de corriente de 25 a 80 mA

**Acción:** Es posible perturbaciones al sistema cardíaco, detención del corazón, modificaciones al ritmo respiratorio y parálisis respiratorio.

- **Categoría III**

**Rango:** Intensidad de corriente de 80 mA a 3 Amperes

**Acción:** Es la zona de intensidad particularmente peligrosa, al producir fibrilación ventricular.

- **Categoría IV**

**Rango:** Intensidad de corriente superior a 4 Amperes.

**Acción:** Esta produce parálisis cardíaca y respiratoria, así como graves quemaduras.

## **b) resistencia eléctrica del cuerpo humano**

Para una tensión dada, la intensidad de la corriente que circula por el organismo es función de la resistencia eléctrica que posee el organismo, y esta relación la encontramos en la Ley de Ohm,

$$I(\text{intensidad}) = \frac{V(\text{tension})}{R(\text{resistencia})}$$

pero la resistencia eléctrica del cuerpo humano no es constante y varía según la influencia de ciertos factores, de ahí que es muy difícil precisar que corriente ha circulado por una víctima en un accidente eléctrico.

Ahora bien, el elemento esencial de la  $R_c$  (resistencia del cuerpo) está constituida por la resistencia de la piel; ésta varía entre valores de 1.000 a 100.000 ohms.

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

La resistencia del cuerpo humano no es constante, varía según la influencia de diversos factores

### **b1) Variaciones debidas a la naturaleza del contacto con el suelo**

Para que la corriente eléctrica circule por el organismo, tiene que establecer contacto por dos sitios con otros buenos conductores que están a distinto potencial. En la práctica esto puede ocurrir de tres formas:

- Que el cuerpo establezca circuito entro dos puntos de un mismo conductor
- Que el cuerpo forme circuito entre dos conductores a distinta tensión, caso de cortocircuito.
- Lo más frecuente es que el cuerpo esté en contacto por un lado con el conductor con tensión y por el otro, generalmente los pies, con el suelo.

El suelo común (piedras, ladrillos, cemento, madera, etc.) es mal conductor cuando está seco, pero cuando se humedece, y más si está empapado de un líquido, su resistencia disminuye considerablemente.

### **b2) Variaciones de la resistencia del cuerpo humano**

El elemento inicial de la resistencia del cuerpo humano, está constituida por la resistencia de la piel, y ésta puede variar desde unos cientos hasta valores superiores a un millón de Ohms.

Valores próximos a un millón de Ohms se han medido entre mano y mano de un operario con la piel seca y callosa. Los valores limites relativamente normales de la resistencia

**c) Tensión:** Cuando la tensión aumenta, es capaz de impulsar una corriente mayor.

En las condiciones habituales de resistencia de cuerpo, el riesgo de fibrilación alcanza su máximo con corrientes cuya tensión varía de 300 a 800 Volts. Pero ésta también puede producirse con tensiones más bajas: 100 Volts hasta 60 Volts, en aquellos casos en que la resistencia del organismo es débil. Se puede establecer el valor mínimo de la tensión a partir del cual puede producirse alteraciones serias en el organismo sin llegar a la fibrilación ventricular.

EJEMPLO:

$R_c = 1.000$  ohms Manos Húmeda

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$I = 0,025$  Amp. Corriente que en ocasiones origina parálisis cardiaca y respiratoria.

$V = R \times I = 1.000 \times 0,025 = 25$  Volts.

AHORA SI

Una resistencia muy elevada del organismo no evita por completo la fibrilación si la tensión es del orden de 1.000 a 2.000 Volts.

$I = V/R_c = 2.000/20.000 = 0,1$  Amp. = 100 m Amp.

Lo que implica riesgo cierto de fibrilación.

#### **d) La frecuencia y forma de la corriente**

Se ha comprobado que, para alcanzar los valores anteriormente definidos, es necesario que la corriente continua presente intensidades aproximadamente cuatro veces más altas que con las corrientes habitualmente empleadas (alterno de 50 ciclos); la corriente continua, muy poco utilizada, produce en líneas generales, efectos semejantes a los que ya comentamos, si bien hay que advertir que por la electrólisis puede provocar perturbaciones particulares en el organismo.

La corriente continua provoca disociación de las sales metálicas disueltas en los líquidos de los organismos. En el polo positivo se produce el desprendimiento de ácidos, en cambio, en el polo negativo, las partículas forman bases, que es el fenómeno conocido con el nombre de electrólisis.

Estos desprendimientos de ácidos y bases dan origen a la formación de escamas y costras en los puntos de contacto con los conductores metálicos, las que son duras y secas en el polo positivo, blandas y fáciles de desprender en el polo negativo.

#### **e) Tiempo de contacto**

Experimentalmente, se ha llegado a la conclusión de que es prácticamente imposible producir fibrilación ventricular con golpes eléctricos de 0,20 segundos. Por el contrario, a partir de un segundo, aproximadamente, la fibrilación aparecía inmediatamente.

Por lo tanto, es de gran importancia, desde el punto de vista de prevención, la utilización de los interruptores diferenciales de alta sensibilidad con el fin de que produzca un corte de la corriente en el momento que tiene lugar una fuga, ya que, aunque las intensidades que atraviesen el organismo sean peligrosas en ningún caso pueden producir fibrilación ventricular si el tiempo de contacto no supera 200 milésimos de segundo.

#### **f) Trayecto de la corriente en el organismo**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La corriente pasa a través del cuerpo, desde el punto de entrada hasta el de salida siguiendo el trayecto más directo.

### **g) Quemaduras**

Se pueden producir por acción de:

#### **g1) Arco eléctrico**

Las quemaduras por arco eléctrico se producen al acercarse mucho el individuo a un conductor de alta tensión y al romper el dieléctrico origina un arco eléctrico que genera una gran cantidad de calor inflamando sus vestiduras.

#### **g2) Efecto Joule (Efecto Térmico)**

Las quemaduras por efecto Joule, es la lesión de la piel, que deriva al pasar la corriente directamente por el cuerpo. En general estas quemaduras tienen el mismo pronóstico, aspecto clínico, evolución y complicación que los indicados por Arco Eléctrico. Son generalmente provocadas por altas tensión, presentando espontáneamente una débil tendencia a la regeneración, lo que exige en los casos que se dejan cicatrizar sin ayuda de injertos, que transcurre un plazo de tiempo muy extensos antes de su curación.

La energía eléctrica produce en el organismo un calentamiento considerable, encontrando en los músculos el mejor de los conductores (materia orgánica, semilíquida y electrolítica) y llegando hasta la cocción de los mismos ya que para la coagulación irreversible de los prótidos bastan temperaturas de 80 grados °C.

Una de las complicaciones más importantes de las quemaduras eléctricas son las hemorragias, hasta el punto que implican una vigilancia particular del accidentado y la puesta en marcha, en ocasiones, de artes quirúrgicas de urgencia (incisiones inmediatas, amputaciones, etc.)

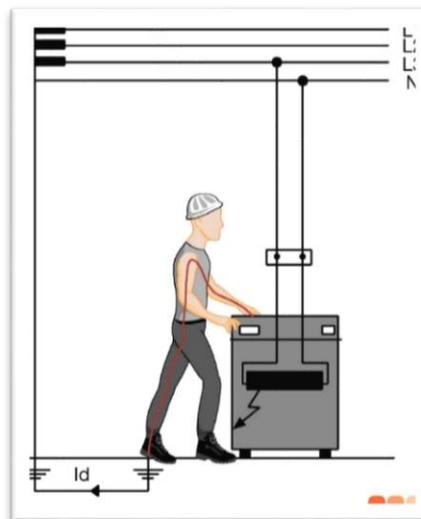
Cuando la lesión afecta a arterias o venas, puede originarse una gangrena seca, la cual con relativa rapidez se puede transformar en húmeda, con las consecuencias que es de imaginar.

### **Riesgo de operación de un sistema eléctrico**

Al accionar un sistema o circuito eléctrico, el operador corre el riesgo de quedar sometido a tensiones peligrosas y esto puede suceder por:

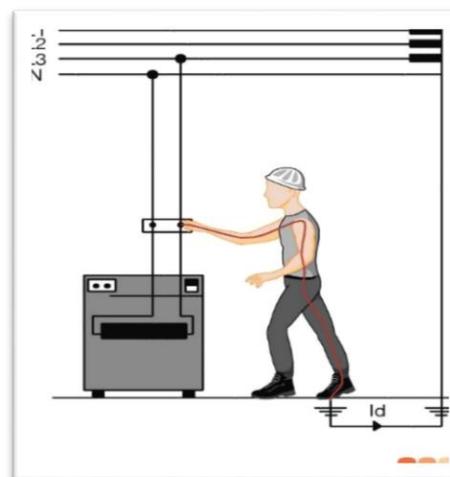
 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Contacto directo:** Cuando toca con alguna parte del cuerpo un sector del circuito o sistema que en condiciones normales esté energizado



(EXITAE, 2007)

- **Contacto indirecto:** Cuando toca con alguna parte su cuerpo una parte metálica de un equipo eléctrico, que en condiciones normales esté desenergizado, pero que en condiciones de falla se energice.



(EXITAE, 2007)

### **Artículo 18º. Trabajos en redes desenergizadas**

Un accidente eléctrico es casi siempre previsible y por tanto evitable. Los métodos básicos de trabajo son en redes desenergizadas o en tensión. Para garantizar la seguridad del operario, en ningún caso el mismo operario debe alternar trabajos en tensión con trabajos en redes desenergizadas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**18.1 Reglas de oro** Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes “Reglas de oro”:

- 1) Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión**, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo
  
- 2) Condenación o bloqueo**, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando “No energizar” o “prohibido maniobrar” y retirar los porta fusibles de los cortacircuitos. Se llama “condenación o bloqueo” de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
  
- 3) Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases**, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.
  
- 4) Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo.** Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra. En tanto no estén efectivamente puestos a tierra, todos los conductores o partes del circuito se consideran como si estuvieran energizados a su tensión nominal. Los equipos de puesta a tierra se deben manejar con pértigas aisladas, conservando las distancias de seguridad respecto a los conductores, en tanto no se complete la instalación. Para su instalación, el equipo se conecta primero a tierra y después a los conductores que van a ser puestos a tierra, para su desconexión se procede a la inversa. Los conectores se deben colocar firmemente, evitando que puedan desprenderse o aflojarse durante el desarrollo del trabajo. Los equipos de puesta a tierra se conectarán a todos los conductores, equipos o puntos que puedan adquirir potencial durante el trabajo. Cuando la estructura o apoyo tenga su propia puesta a tierra, se conecta a ésta. Cuando vaya a “abrirse” un conductor o circuito, se colocarán tierras en ambos lados.

Cuando dos o más trabajadores o cuadrillas laboren en lugares distintos de las mismas líneas o equipo, serán responsables de coordinar la colocación y retiro de los equipos de puesta a tierra en sus lugares de trabajo correspondientes.

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

**5) Señalizar y delimitar la zona de trabajo.** Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

El área de trabajo debe ser delimitada por vallas, manilas o bandas reflectivas. En los trabajos nocturnos se deben utilizar conos o vallas fluorescentes y además señales luminosas.

Cuando se trabaje sobre vías que no permitan el bloqueo del tránsito, se debe parquear el vehículo de la cuadrilla atrás del área de trabajo y señalizar en ambos lados de la vía.

(Energia, 2013)



(Sector electricidad, 2013)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Consejos básicos de seguridad

(RIOJA, 2015)

- NO realizar reparaciones sin cortar la corriente en un automático. Para cambiar una bombilla, cortar el interruptor no es suficiente
- agua y electricidad se llevan como el perro y el gato mantenerlos siempre separados
- no utilizar aparatos eléctricos con las manos mojadas o los pies en el agua nunca tomando un baño
- nunca eche agua en un fuego eléctrico
- no utilice herramientas electricas con los pies mojados
- no usar herramientas electricas en caso de lluvia
- lo primero en caso de avería, cortar la corriente
- al menor chispazo desconectar
- no utilizar cables defectuosos
- El olfato previene averías
- Informe a mantenimiento de cualquier equipo defectuoso
- si es necesario, utilice equipos de protección: gafas, guantes aislantes, botas aislantes, etc.
- revise periódicamente las herramientas manuales
- revise periódicamente los cables
- NO limpiar o cambiar un accesorio de un aparato sin desconectarlo previamente
- NO dejar conectado inútilmente un aparato

## Primeros auxilios en accidentes eléctricos

- 1) Mantener la calma
- 2) Antes de intentar cualquier maniobra de reanimación del electrocutado, comprobar que el accidentado no está en contacto con un conductor energizado. En caso contrario, debe efectuarse previamente una operación delicada y posiblemente peligrosa.
- 3) El desprendimiento de la víctima, teniendo presente que la humedad hace esta operación más peligrosa.
- 4) Cortar inmediatamente la energía si el interruptor se encuentra en la proximidad del lugar del accidentado.
- 5) Si no es posible cortar la corriente, trate de sacar la persona utilizando un elemento no conductor, ejemplo: un palo seco, si no tiene a mano un elemento aislante, como también puede provocar un cortocircuito colocándose fuera del alcance de la corriente, para obtener el mismo resultado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- 6) Si no se puede hacer lo anterior:
- 7) - Aislarse a la vez de la tensión y tierra.
- 8) - Protéjase con guantes aislados, utilice pértigas, pisos de gomas.
- 9) - Tener cuidado al separar el accidentado del o los conductores, no ponerse en contacto directo con ellos o por otros objetos metálicos.
- 10) Prever la posible caída del accidentado si está en altura.
- 11) En caso de accidentes en el que la víctima queda colgando por un cinturón de seguridad, se le debe practicar arriba la reanimación boca a boca, si lo necesita, para luego seguir abajo.
- 12) Es importante bajarlo rápido, usando cuerdas, escalas, etc. No pierda el tiempo en mantener el cuerpo en una posición determinada mientras realiza el descenso.
- 13) Una vez que la víctima llevo al suelo, no pierda un solo instante, acuéstelo de espaldas, proceda a verificar si aún respira y si su corazón está latiendo. Si fuera necesario realizar de acuerdo a norma la respiración artificial boca a boca y masaje cardiaco.
- 14) No pierda tiempo en mover al accidentado, salvo si lo debe sacar de una atmósfera viciada.
- 15) Si hay varias personas presentes en el momento del accidente, una de ellas debe pedir la ayuda, pero en ningún caso se debe dejar de practicarle la reanimación.
- 16) Evite que el accidentado se enfríe, abrigándolo con mantas, pero no interrumpa la reanimación
- 17) Cuando la víctima se ha reanimado, permanezca a su lado por si necesita nuevamente reanimación o hasta que llegue ayuda.

En general todo electrocutado, por corto que haya sido el tiempo de la pérdida de conocimiento y en todo lo que ha sufrido un accidente eléctrico, debe ser llevado a un centro asistencial.

(Bello Sernageomin, 2015)

### Palabras claves

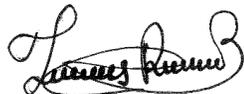
(Gil, García, & Lasso Tarraga, 2010)

- **Linfa:** Líquido coagulable, casi incoloro y débilmente alcalino, que procede de la sangre, circula por los vasos linfáticos y se vuelca en las venas, y cuya función es la de servir de intermediario en los cambios nutritivos entre la sangre y los tejidos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Electricidad:** es una forma de energía, es el “flujo de electrones que pasan de átomo a átomo a lo largo de un conductor”.
- **Circuito eléctrico:** es el sistema que hace posible controlar la corriente eléctrica, es decir, el camino que sigue la electricidad desde el polo positivo (fase) al polo negativo (neutro).
- **Intensidad:** es la cantidad de electricidad que circula durante un tiempo determinado en el circuito. La intensidad de la corriente se mide en amperes.
- **Resistencia:** La resistencia del circuito eléctrico depende de si los materiales que lo componen son buenos o malos conductores. En este sentido, la cantidad de corriente que circule dependerá de la resistencia que presente el circuito, es decir, a mayor resistencia menor corriente y viceversa. La resistencia eléctrica se mide en OHMS.
- **Instalación Eléctrica:** es el conjunto de materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante los que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; se incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

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

  
 FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

  
 \_\_\_\_\_

Sebastián Lora Grajales  
 \_\_\_\_\_

  
 FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 22 de marzo de 2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON ODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_