

**INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A RELÉS DE SOBRECORRIENTE EN  
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL**

.....

**OSCAR EDUARDO ACOSTA PUERTO**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO  
ELECTROMECAÁNICO INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020**

**INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A RELES DE SOBRECORRIENTE EN  
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL**

**OSCAR EDUARDO ACOSTA PUERTO**

**Trabajo integral de grado presentado como requisito para optar al título de  
Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial**

**Director**

**Ing. Electrónico FEISSAN ALONSO GERENA MATEUS**

**Codirector**

**M.Sc. Ing. Mecánico CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA**

**Línea de Investigación:  
Redes de Distribución Eléctrica**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN MANTENIMIENTO  
ELECTROMECAÁNICO INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2020**

*A Dios, por protegerme y permitirme haber llegado a tan importante momento de mi formación personal y profesional.*

*A mis Padres Ana y Jesús quienes han sido mi mayor motivación para culminar esta carrera, en todo este proceso por quien decidí iniciar mis estudios universitarios para poder brindarle un mejor futuro.*

*A mi esposa Astrid por ser la mujer ideal, por compartir su vida conmigo y porque durante las largas jornadas de estudio en la carrera pacientemente me apoyó y con amor formó parte de ella.*

**OSCAR EDUARDO**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA, Ingeniero, Coordinador de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por convertirse en nuestro Padre estudiantil y que con sus enseñanzas ayudó a formar las personas e Ingenieros que hoy somos.

Dr. Ing. ANTONIO GAN ACOSTA, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como asesor.

EDGAR ALFONSO SANTOS HIDALGO, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, quien nos mostró que con firmeza y fuerza de carácter se pueden llegar a cumplir todas nuestras metas.

MSc. Ing. OSCAR ORLANDO GUERRERO DIAZ, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como maestro y amigo.

Ing. BENJAMÍN OTERO, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como maestro y amigo.

FEISSAN ALONSO GERENA MATEUS, Ingeniero de la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño, por su ayuda incondicional como director, maestro y amigo.

Todo el profesorado de la Universidad Antonio Nariño por su apoyo incondicional y su orientación en la obtención de este logro.

## RESUMEN

El presente trabajo integral de grado tiene como finalidad diseñar el instructivo de pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en una plataforma virtual con los protocolos, procedimientos y análisis sobre cómo se deben realizar las pruebas necesarias a relés de sobre corriente e información de otros equipos de patio en subestaciones eléctricas, de acuerdo con las normas Internacionales, Nacionales y recomendaciones dadas por el fabricante.

Como estudio y entrenamiento para los usuarios de este instructivo se presenta información sobre relés de sobrecorriente, transformadores, interruptores, relacionada a componentes que los conforman, cómo funcionan y los diferentes tipos que existen en el mercado. Se especifican los pasos a seguir durante el proceso, además de cómo deben realizarse y cuáles son los equipos adecuados para realizar este tipo de pruebas. Así mismo se presentan las diferentes pruebas que deben ser realizadas de acuerdo al protocolo de subestaciones eléctricas, basado en la normativa de RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.).

Este instructivo va precedido de normas de seguridad, equipos y herramientas utilizadas y finalmente el instructivo queda plasmando en una plataforma virtual implementada con el software libre AUTOPLAY. Con el acceso a esta plataforma los estudiantes de ingeniería y tecnología de mantenimiento electromecánico industrial pueden realizar un entrenamiento teórico para adquirir las competencias necesarias para realizar este tipo de trabajos en una subestación eléctrica.

**PALABRAS CLAVE:** Autoplay, transformador, Retie, relé, instructivo.

## **ABSTRACT**

The purpose of this comprehensive degree work is to design the instructions for testing overcurrent relays in electrical substations supported on a virtual platform with the protocols, procedures, and analysis on how to carry out the necessary tests on overcurrent relays and information from others. patio equipment in electrical substations, in accordance with International, National standards and recommendations given by the manufacturer.

As a study and training for users of this instruction, information on overcurrent relays, transformers, switches, related to components that make them up, how they work and the different types that exist in the market is presented. The steps to follow during the process are specified, as well as how they should be carried out and what equipment is appropriate to carry out this type of tests. Likewise, the different tests that must be carried out according to the protocol of electrical substations are presented, based on the RETIE (Technical Regulation of electrical installations) regulations.

This instruction is preceded by security regulations, equipment and tools used and finally the instructions are reflected in a virtual platform implemented with free software AUTOPLAY. With access to this platform, students of industrial electromechanical maintenance engineering and technology can carry out theoretical training to acquire the necessary skills to carry out this type of work in an electrical substation.

**KEY WORDS:** AUTOPLAY, transformer, RETIE, relay, instructions.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	13
1. FUNDAMENTACIÓN	15
1.1 EL PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	16
1.3 OBJETO	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 ACOTACIONES	17
1.5.1 Alcance	18
1.5.2 Limitaciones	18
1.6 LEGISLACIÓN	18
1.6.1 Impacto ambiental	18
1.6.2 Marco Internacional	19
1.6.3 Marco Nacional	19
1.6.4 Marco Institucional	20
2. ARGUMENTACIÓN	21
2.1 ANTECEDENTES	21

2.1.1 Nivel Internacional	21
2.1.2 Nivel Nacional	22
2.1.3 Nivel Local	22
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Sistema de distribución de energía eléctrica	23
2.2.2 Subestaciones eléctricas	23
2.2.3 Protecciones en subestaciones	24
2.2.4 Seccionadores	25
2.2.5 Usos de los seccionadores	25
3. METODOLOGÍA	27
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO	27
3.3 PLAN DE TRABAJO	27
3.3.1 Etapa 1	28
3.3.2 Etapa 2	28
3.3.3 Etapa 3	29
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	30
4.1 ETAPA 1	30
4.1.1 Recolección de la información	30
4.1.2 Relés de protección	31
4.1.2.1 Características operativas de los relés de protección	31



4.1.3	Uso de los relés según su funcionamiento	32
4.1.3.1	Relé numérico	33
4.1.3.2	Relé de sobrecorriente	36
4.2	ETAPA 2	38
4.2.1	Normas utilizadas para pruebas de relés de sobrecorriente	39
4.2.2	Equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a relés de sobrecorriente	41
4.2.3	Elaboración del instructivo	44
4.2.3.1	Formato para el instructivo	44
4.2.3.2	Resultados obtenidos	46
4.3	ETAPA 3	47
4.3.1	Plataforma digital- multimedia	47
4.3.1.1	Edición de un proyecto	48
4.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	56
4.6	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	58
4.6.1	Energía eléctrica y medioambiente	58
4.7	GLOSARIO	59
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ANEXOS

**LISTA DE ANEXOS**

65

**pág.**

ANEXO A. Instructivo para pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual

66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Subestación eléctrica	23
Figura 2. Elementos de protección	24
Figura 3. Seccionador tripolar de uso exterior	25
Figura 4. Seccionador tripolar de uso interior	26
Figura 5. Evolución tecnológica del Relé	32
Figura 6. Sistemas a bloques Relé Numérico	34
Figura 7. Sistemas a bloques Relé Numérico, dispositivo inteligente	35
Figura 8. Propiedad de sobrecorriente instantánea en un relé	37
Figura 9. Característica con temporización inversa en relés de sobrecorriente	38
Figura 10. Contenido Plataforma virtual	41
Figura 11. Instructivo de pruebas a relés de sobrecorriente, Plataforma virtual	43
Figura 12. Instructivo a relés de sobrecorriente e instructivos: GS-I-001, GS-I-002, GS-I-003 Plataforma virtual	46
Figura 13. Portada Auto play	47
Figura 14. Plantilla 1	48
Figura 15. Plantilla 2	49
Figura 16. Plantilla 3	49
Figura 17. Plantilla 4	50

Figura 18. Plantilla 4	51
Figura 19. Plantilla 5	51
Figura 20. Plantilla 6	52
Figura 21. Plantilla 7	53
Figura 22. Plantilla 8	53
Figura 23. Plantilla 9	54
Figura 24. Plantilla 10	55
Figura 25. Plantilla 11	55
Figura 26. Plataforma virtual plan ambiental	58

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Equipos seleccionados para las tres pruebas	42
Cuadro 2. Códigos de aplicación a los instructivos	43
Cuadro 3. Formato para el desarrollo de instructivos	45
Cuadro 4. Presupuesto global del proyecto	57

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo integral de grado a través de la implementación en una plataforma virtual del instructivo para pruebas en equipos de subestaciones, específicamente relés de sobrecorriente, pretende ofrecer una opción de entrenamiento para ingenieros, tecnólogos y técnicos, buscando el mejoramiento a la actual estrategia de formación técnica relacionada con el concepto del mantenimiento preventivo, predictivo y puesta en marcha de subestaciones eléctricas, logrando su desarrollo e implementación mediante un adecuado sistema de información.

En el Departamento Norte de Santander, empresas como Termotasajero generadora de energía, allí desde su centro de producción se inicia el proceso de distribución, el cual requiere de subestaciones. Estas para el funcionamiento normal, primero debe realizar proyectos que van desde la instalación hasta la puesta en marcha; se realiza mediante trámites para la aprobación por la empresa certificadora de RETIE. Además se debe contar con un taller donde se ejecutan las pruebas de rigor, revisión de aislamiento, estructuras, aisladores eléctricos, cortacircuitos, fusibles y relés de sobrecorriente, es decir, las condiciones óptimas de los relés de sobrecorriente y de esta manera, realizar el reporte por parte de personal entrenado sobre las condiciones de la subestación y la seguridad que se ofrece para la puesta en marcha, lo mismo que el mantenimiento en caso de ser requerido. Otras empresas como CENS EPM ya tienen en la región toda la infraestructura para este tipo de proyectos, los cuales se realizan con personal idóneo para llevarlos a cabo.

# 1. FUNDAMENTACIÓN

## 1.1 EL PROBLEMA

La principal causa de daños en los equipos eléctricos y electrónicos se debe a la presencia de armónicos o perturbaciones que causan alteraciones en la tensión, la frecuencia o la corriente en una línea de transmisión, generando una mala operación en los dispositivos finales causando pérdidas económicas a los usuarios del sistema eléctrico; cuando sucede un corte de energía eléctrica se asocian varios problemas a la calidad de la energía tales como:

Altas pérdidas de energía.

Deterioro en la industria, perjudicando la economía y la competitividad de las empresas.

Aumento en los costos, pérdida de la confianza en el sistema debido a falta de disponibilidad.

La mayoría de las veces estos problemas se generan porque no se realizan los mantenimientos a subestaciones eléctricas, cumpliendo los protocolos y normativas requeridas según el RETIE (Reglamento instalaciones Eléctricas colombiano), no se realizan estudios de calidad de energía mediante la utilización de distintos equipos de medición, para obtener el conocimiento apropiado para su realización.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, este trabajo de grado se constituye como una alternativa para el entrenamiento de los estudiantes de Tecnología en Mantenimiento Electromecánica Industrial en el manejo de protocolos para pruebas a equipos de subestaciones.

En este trabajo de grado se responde a la pregunta ¿cómo se diseña un manual de procedimiento para pruebas de equipos de subestaciones eléctricas?, que responda a las necesidades de entrenamiento de los estudiantes en el programa de Ingeniería y Tecnología Electromecánica de la Universidad Antonio Nariño.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la importancia que tiene una subestación eléctrica para el sistema eléctrico de potencia de una empresa y de las graves consecuencias que se pueden llegar a presentar con la salida de la misma, se hace necesario tomar medidas para ayudar a mitigar cualquier efecto de una falla y/o contingencia que se pueda llegar a generar. Por esta razón las pruebas de puesta en marcha cobran una vital importancia, ya que desde ese momento se puede determinar la eficiencia de la misma; es sumamente importante la revisión y pruebas de cada uno de los equipos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

El diseño de un manual de pruebas y actividades específicas para esta labor siguiendo la normativa del RETIE (Reglamento instalaciones Eléctricas colombiano) y las recomendaciones de la casa matriz, se hace necesario al momento de realizar la puesta en marcha y planear el mantenimiento preventivo de la subestación; es importante que desde el alma mater se genere a través de sus estudiantes proyectos como el propuesto, se genera conocimiento hacia el medio externo y al interior de la Universidad sus estudiantes adquieren una herramienta académica digital para su entrenamiento.

La Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, contribuye a la formación de nuevos ingenieros y tecnólogos en el área electromecánica, formados integralmente para que apoyen a los sectores económicos. Por otra parte, la formación no tiene sentido si no está informada del devenir tecnológico de las empresas y especialmente de la nuevas tecnologías que se están implementando en los sistemas de control y protección de las subestaciones eléctricas en el país y la aplicación de normas internacionales y nacionales en el desarrollo de estas actividades de mantenimiento y puesta en marcha de subestaciones eléctricas.

La formación del Tecnólogo UAN se debe llevar a cabo con base en las tecnologías usadas por la industria energética en el presente y las que se pueden usar en un futuro inmediato.

Con el desarrollo de este proyecto, se está dando cumplimiento al requisito para la obtención del título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial por parte de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Electromecánica Programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.



### **1.3 OBJETO**

Instructivo para pruebas relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual.

### **1.4 OBJETIVOS**

**1.4.1 Objetivo General.** Elaborar el Instructivo para pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual.

**1.4.2 Objetivos Específicos.** Investigar las especificaciones técnicas y características eléctricas de los componentes de los relés de sobrecorriente para su aplicación en el instructivo.

Proyectar los protocolos y actividades para las pruebas a relés de sobrecorriente aplicados al instructivo en la plataforma virtual

Implementar la plataforma virtual, para soportar el instructivo de las pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas.

### **1.5 ACOTACIONES**

Para hacer realidad el proyecto global denominado INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A EQUIPOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL se realizaron en conjunto tres subproyectos cuya denominación y autores son:

INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA EN SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL  
Autor: EMILIO JOSE CHAPARRO SUESCUN Cód.: 23551722903.

INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A RELES DE SOBRECORRIENTE EN

SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL  
Autor: OSCAR EDUARDO ACOSTA PUERTO Cód.: 23551724591.  
INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN  
SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL  
Autor: FERLEY ARTURO TOLOZA RUBIO Cód. 23551727464.

**1.5.1 Alcance.** El alcance del proyecto, es el diseño del instructivo para pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual, aplicando la norma NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano y el RETIE.

**1.5.2 Limitaciones.** El trabajo de grado se desarrolló en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en un término de cuatro meses y fue aplicado a la formación en el programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

El desarrollo del trabajo de grado se limita al diseño del instructivo para pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual; su objetivo es permitir el diseño y el manual con los protocolos, entregando toda la información en una plataforma virtual que permita su implementación como herramienta didáctica en la tecnología.

## **1.6 LEGISLACIÓN**

En la construcción de cualquier tipo de instalación eléctrica, incluyendo las subestaciones de distribución, existe el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE donde se especifican todas las condiciones mínimas de seguridad, calidad que deben tener las instalaciones eléctricas, como distancias de seguridad, materiales a utilizar y la protección del medio ambiente.

**1.6.1 Impacto ambiental.** Los diferentes cambios que se producen en el ambiente, sean adversos o beneficiosos, resultante de las actividades, productos o servicios de una empresa; para este proyecto se hace referencia a los trabajos o actividades que se realizan en una subestación eléctrica y la aplicación correcta en el manejo de desechos eléctricos. Guiados por la norma plan de gestión integral de residuos sólidos. ISO 14001 VERSIÓN 2015.

**ISO 14001 VERSIÓN 2015:** Norma aplicada en el manejo del plan de gestión integral de residuos sólidos.

**NFPA 704:** Norma aplicada en el manejo de sustancias químicas. (Clasificación residuos químicos).

**1.6.2 Marco Internacional. IEEE C57.13:** Norma para los requisitos de rendimiento y prueba para transformadores de instrumentos de un voltaje nominal del sistema de 115 kV y superior.

**ANSI Std C93.1-1999:** Requisitos de la norma americana para condensadores de acoplamiento de portadora de línea de alimentación y transformadores de voltaje de condensador de acoplamiento (CCVT).

**IEEE C57.13.3-2006:** Guía para el sistema tierra en circuitos y cajas secundarias de transformadores de instrumentos.

**NETA:** Especificaciones para prueba de aceptación para equipos y sistemas de distribución de energía eléctrica.

**IEC 60044-5:** Transformadores de instrumentos y Transformadores de tensión de condensador.

**IEEE 510:** Prácticas recomendadas por IEEE para la seguridad en pruebas de alto voltaje y alta potencia.

**NFPA70E:** Norma de seguridad eléctrica en lugares de trabajo, impuesta por la organización norteamericana National Fire Protección Association.

**1.6.3 Marco Nacional.** Norma Técnica Colombiana NTC 2050 código eléctrico colombiano.

**RETIE:** Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

**Norma Técnica Colombiana NTC 4116:** Seguridad industrial metodología para el análisis de tareas.

**CENS CNS-NT-04:** Norma técnica subestaciones centrales eléctricas Norte de Santander.

**1.6.4 Marco Institucional.** Acuerdo N° 48 de la Universidad Antonio Nariño para los proyectos de grado, “reglamento de trabajo de grado”. El Consejo Directivo de la Universidad Antonio Nariño en uso de sus Facultades legales y estatutarias y en particular las que son mencionadas en el Reglamento Estudiantil en sus Artículos 9,10, 11, 12 y 43.

## 2. ARGUMENTACIÓN

### 2.1 ANTECEDENTES

Después de realizar una búsqueda bibliográfica sobre el proyecto de investigación que se adelanta, se puede decir, que no se encontraron trabajos de grado, artículos de revista e informes de investigación, que hagan una referencia específica a la actividad del proyecto. A continuación se relacionan algunos, similares al tema en estudio.

**2.1.1 Nivel Internacional. Título: diseño de un manual de procedimientos para la puesta en servicio de las subestaciones eléctricas de la empresa ENELVEN.** Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo- Venezuela

**Palabras clave:** Manual, puesta en marcha, subestación eléctrica.

#### **Resumen:**

Con la creciente demanda de electricidad, ENELVEN está obligada a proponer proyectos para la construcción de nuevas subestaciones y la expansión de alguna empresa existente. Sin embargo, antes de que estas subestaciones se reúnan con la función principal para la que fueron diseñadas, deben pasar por una serie de procedimientos técnicos y administrativos para la puesta en marcha, que involucran diferentes áreas, lo que hace que el trabajo sea un poco desorganizado, por lo que el Departamento de Proyectos Especiales, de la compañía de desarrollo propone llevar a cabo un manual de puesta en marcha para incluir todos los procedimientos relevantes realizados para la conexión e integración de la subestación a la red, para asegurar coordinación de actividades y evitar la duplicación de procesos y logrando la finalización del trabajo en el tiempo propuesto.

Estudiamos muchos procedimientos actuales utilizados por ENELVEN técnico y administrativo como prácticas nacionales e internacionales utilizadas para la puesta en marcha, estableciendo el manual de criterios de diseño, que fue escrito, utilizando la norma ISO 9000-2000, estructurado como un código de procesos e hilos discriminatorios, para el desarrollo de la lista de verificación y formatos para su verificación.

**2.1.2 Nivel Nacional. Manual para el mantenimiento de equipos de patio de subestaciones de alta tensión aislada por aire.** Universidad Tecnológica De Bolívar-Cartagena de Indias.

**Palabras clave:** Mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, proactivo, centrado en confiabilidad mcc / rcm, productivo total mpt / tpm

### **Resumen:**

Se realiza la comprobación sobre los mantenimientos preventivo y correctivo que se realizan a nivel industrial por las empresas donde se logra prolongar el tiempo de vida de equipos y maquinaria, porque implementan un sistema organizado de mantenimiento preventivo. El cual consiste en un conjunto de componentes que trabajan hacia un objetivo común. El mantenimiento se puede considerar como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción. En este trabajo de grado se referencia el mantenimiento preventivo de una subestación eléctrica específicamente en los equipos de patio, debido a que la subestación es el elemento clave en la distribución de la energía hacia la industria, el comercio y los usuarios del común. Se hace importante la elaboración del Manual de Mantenimiento el cual es un documento indispensable para cualquier organización. Refleja la filosofía, política, organización, procedimientos de trabajo y de control de una organización. Una subestación eléctrica debe establecer en forma clara la manera de planificar y efectuar un programa de mantenimiento de sus equipos, con el fin de que permita el mejor desempeño de estos equipos y una mejor operación en general de toda la subestación.

**2.1.3 Nivel Local.** Se realizó un rastreo bibliográfico a nivel local y no se encontraron proyectos académicos similares, se consultaron manuales técnicos de operación en subestaciones de centrales eléctricas de Norte de Santander CENS y empresas públicas de Medellín EPM.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

**2.2.1 Sistema de distribución de energía eléctrica.** Un sistema común de distribución de energía eléctrica está compuesto por subestaciones que a través de circuitos primarios; distribuyen la energía con una operación en los rangos de

7,6 kV a 44 kV y de esta forma alimentan los equipos de las empresas y usuarios en general en una zona específica.

Estos sistemas están conformados por transformadores cuya capacidad es superior a 5 KVA, están en subestaciones que pueden ser instalados a nivel de piso o en postes en la red de distribución

**2.2.2 Subestaciones eléctricas.** Es un conjunto de equipos con el objetivo de dirigir la energía eléctrica, generalmente integrado por generadores, líneas, relés, transformadores, equipos de protección y medida. La subestación eléctrica es la manifestación física de un nodo de un sistema de energía eléctrica, en la cual se encarga de transformar la energía a los niveles adecuados de tensión para su transporte, distribución y consumo de acuerdo a los requisitos estipulados por las normativas vigentes. Los equipos que la integran son utilizados para controlar el flujo de energía, garantizando que el sistema sea seguro utilizando elementos especiales de protección.

Figura 1. Subestación eléctrica



Fuente: Subestaciones eléctricas. Disponible en:  
[www.google.com/search?q=subestaciones+electricas](http://www.google.com/search?q=subestaciones+electricas).

**2.2.3 Protecciones en subestaciones.** El sistema de protección eléctrica en una subestación constituye el conjunto de equipos más importante que se incluye en su esquema general, por lo tanto el ingeniero, técnico y operador debe conocer el funcionamiento de los componentes de un sistema de protecciones. Lo conforman los siguientes elementos:

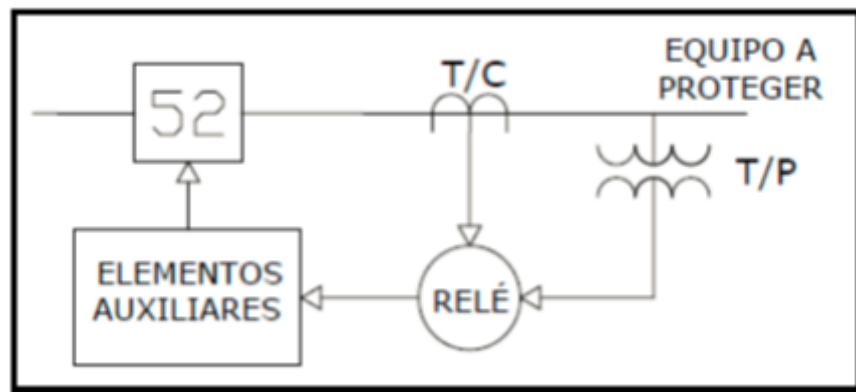
Relés de protección  
Transformadores de medida  
Disyuntores de poder  
Circuitos de control

En una subestación Las protecciones se deben realizar utilizando relés y estos se utilizan aplicando la diferenciación de los equipos según se indica:

Línea de Protección  
Disyuntor de Protección  
Transformadores o Autotransformador  
Barras de Protección  
Reactores de Protecciones.  
Banco de Capacitores para Protección.

En la figura 2 se puede observar la disposición de los elementos de protección.

Figura 2. Elementos de protección



Fuente: Autor del proyecto.



**2.2.4 Seccionadores.** Un seccionador es un equipo electromecánico que se utiliza para realizar maniobras de apertura y cierre en un circuito eléctrico prácticamente sin carga manejando corrientes muy bajas.

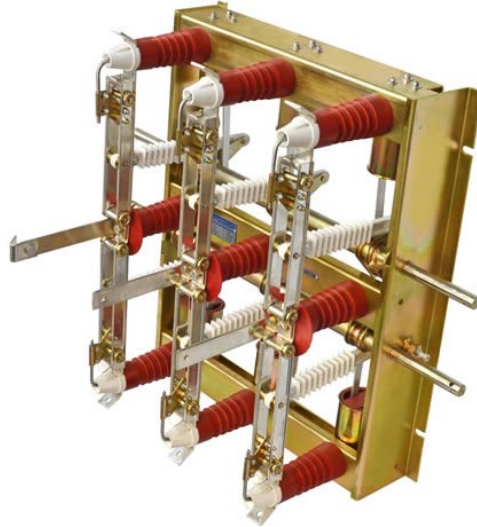
Figura 3. Seccionador tripolar de uso exterior



Fuente: Seccionador tripolar de uso exterior. Disponible en:  
[https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi\\_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co](https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co)

**2.2.5 Usos de los seccionadores.** Los seccionadores se utilizan para la apertura y cierre de circuitos eléctricos casi sin carga. Durante esta maniobra pueden cortar corrientes despreciables, que se refiere a corrientes de hasta 500 mA, por ejemplo corrientes capacitivas de embarrado o transformadores de tensión, lo mismo que corrientes superiores si no se produce ningún cambio importante de tensión entre los terminales durante el proceso de corte, durante la conmutación a otro embarrado en celdas con embarrado doble cuando un acoplamiento transversal está cerrado en paralelo. Sin embargo, la función verdadera de los seccionadores es establecer una distancia de seccionamiento para poder trabajar de forma segura en los equipos que hayan sido “aislados” por el seccionador. Por este motivo, la distancia de seccionamiento debe satisfacer grandes exigencias en cuanto a fiabilidad, visibilidad y rigidez dieléctrica.

Figura 4. Seccionador tripolar de uso interior



Fuente: Seccionador tripolar de uso interior. Disponible en: [https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi\\_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co](https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co)

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACION**

La ejecución del trabajo se fundamentó en el procedimiento de recolección de información para la construcción del objeto de la investigación; en este caso el instructivo de pruebas para equipos de subestaciones eléctricas (relés de sobrecorriente), la investigación bibliográfica y documental ocupó un lugar muy importante, ya que garantizó la calidad de los diferentes fundamentos del objeto a investigación, aplicando el análisis de la información consultada y recopilada con referencia a las especificaciones técnicas de relés de sobrecorriente existentes en el mercado local y nacional, haciendo un análisis técnico de las características de cada uno de los componentes, lo cual representa una forma de investigación de campo aplicada sobre los diferentes procesos y tecnologías que se utilizan en las pruebas realizadas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas.

Con la investigación realizada mediante el análisis técnico y el rastreo bibliográfico de la información obtenida en manuales técnicos de equipos y procesos de empresas del sector eléctrico, se obtuvo como resultado un producto técnico pedagógico, donde se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la carrera en las áreas de circuitos eléctricos, electrónica analógica, electrónica digital, sistemas y mandos eléctricos de control, instrumentación industrial y técnicas de redacción.

#### **3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO**

La realización de este proyecto se fundamentó en el análisis y aplicación de los datos técnicos recopilados en la investigación de campo. Esta forma de investigación técnica permitió aprender sobre los diferentes parámetros, procesos y tecnologías que se utilizan en los protocolos de mantenimiento para subestaciones eléctricas y se centró en la elaboración del instructivo de procedimiento para realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas. (Relés de sobrecorriente).

#### **3.3 PLAN DE TRABAJO**

Para el desarrollo del proyecto, se trabajó con una metodología que permitió

alcanzar los objetivos propuestos mediante la fundamentación del marco conceptual, reuniendo la información a través de actividades propuestas donde se analizó y evaluó dicha información, proponiendo tres etapas de desarrollo, donde cada etapa representa cada uno de los objetivos propuestos y así alcanzar el objetivo general.

**3.3.1 Etapa 1.** Investigar las especificaciones técnicas y características eléctricas de los componentes de los relés de sobrecorriente para su aplicación en el instructivo.

Actividades propuestas:

Estudiar las características técnicas y recolectar información de relés de sobrecorriente y elementos que lo conforman.

Realizar un estudio de los conceptos fundamentales en cuanto a su ubicación y operación en una subestación.

Proyectar los protocolos y actividades para las pruebas a relés de sobrecorriente aplicados al instructivo en la plataforma virtual.

Implementar la plataforma virtual, para soportar el instructivo de las pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas.

**3.3.2 Etapa 2.** Proyectar los protocolos y actividades para las pruebas a relés de sobrecorriente aplicados al instructivo en la plataforma virtual.

Actividades propuestas:

Consultar las referencias y normas utilizadas para pruebas de relés de sobrecorriente.

Determinar los equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas relés de sobrecorriente.

Establecer los factores de seguridad para las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continua.

**3.3.3 Etapa 3.** Implementar la plataforma virtual, para soportar el instructivo de las pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas.

Actividades propuestas:

Seleccionar la plataforma virtual para la implementación del instructivo.

Implementar el instructivo en la plataforma virtual.

## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1 ETAPA 1

Investigar las especificaciones técnicas y características eléctricas de los componentes de los relés de sobrecorriente para su aplicación en el instructivo.

Actividades propuestas:

Estudiar las características técnicas y recolectar información de los relés de sobrecorriente y elementos que lo conforman.

Realizar un estudio de los conceptos fundamentales en cuanto a su ubicación y operación en una subestación.

**4.1.1 Recolección de la información.** “Se puede definir como el proceso de investigación bibliográfica y documental aplicado a buscar la información para la realización del proyecto de tesis; la consulta bibliográfica y documental es de suma importancia, porque permite alcanzar la calidad en la fundamentación teórica en una investigación”<sup>1</sup>.

El proceso de investigación documental, se caracteriza por utilizar, recolectar, seleccionar y analizar documentos presentando productos de forma coherente, donde se utilizan los procesos lógicos y mentales de toda investigación, análisis, síntesis, deducción, inducción, práctica y evaluación.

Para la recolección de la información técnica se siguieron los siguientes pasos procedimentales:

---

<sup>1</sup> RAFFINO, María Estela. Técnicas de Investigación. Argentina. Disponible en: <https://concepto.de/tecnicas-de-investigacion/>. Consultado: 02 de junio de 2020.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se definieron las clases de fuentes bibliográficas y documentales necesarias en la parte técnica.

Se toman criterios de selección con base en la información técnica y la calidad de la misma.

Las fuentes consultadas se registran conforme a las normas APA.

En la selección se tomaron criterios de pertinencia, es decir, que las fuentes consultadas estuviesen de acorde con el objetivo principal referente a las pruebas de equipos en subestaciones eléctricas.

Criterio de actualidad, se tuvo en cuenta que las fuentes consultadas sean los suficientemente actuales y reflejen las últimas tecnologías en equipos de pruebas.

**4.1.2 Relés de protección.** Los relés por ser dispositivos enmarcados en un sistema de protección que deben satisfacer algunas características especiales de protección durante su operación.

**4.1.2.1 Características operativas de los relés de protección.** Algunas de las especiales de los relés de protección son las siguientes:

**Fiabilidad.** Protección fiable es aquella que responde siempre correctamente ante cualquier situación.

**Selectividad.** Es la competencia que tiene el sistema de protección para determinar la presencia de una falla y distinguir si fue producida dentro o fuera de su área de servicio y en efecto emitir la orden para disparar los disyuntores automáticos.

**Sensibilidad.** Es la calidad de la protección la cual debe saber distinguir sin equivocación una situación de falla de aquellas que no lo son.

**Rapidez.** Cuando se detecta una falla ésta se tiene que despejar en el menor tiempo posible, si se aísla la falla en el menor tiempo posible esta se restablece rápidamente y se logra que el sistema entre en servicio evitando todos los efectos colaterales que genera una falla.

**4.1.3 Uso de los relés según su funcionamiento.** Los relés son dispositivos que protegen y controlan cumpliendo diferentes aplicaciones, hay diversos tipos que realizan diferentes funciones agrupándose de acuerdo a su función:

Protección  
Verificación  
Regulación  
Auxiliares  
Numérico o Microprocesados.

Figura 5. Evolución tecnológica del Relé



Fuente: <http://files.informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/200000044-544f7554bc/UNIDAD%20II.pdf>



**4.1.3.1 Relé numérico.** El relé numérico es un dispositivo de protección que está diseñado con tecnología de sistemas embebidos o microprocesada. Estos equipos representan la última generación donde es relevante la integración del hardware y el software en una combinación de tecnología robusta y moderna en los sistemas de protección, caracterizándose por su capacidad de vincular procesos axiomáticos con la precisión de realizar cálculos y operaciones matemáticas tomando determinaciones con algoritmos lógicos.

Los elementos con sistema microprocesado muestran una mayor precisión en cuanto a los procesos de protección convencionales.

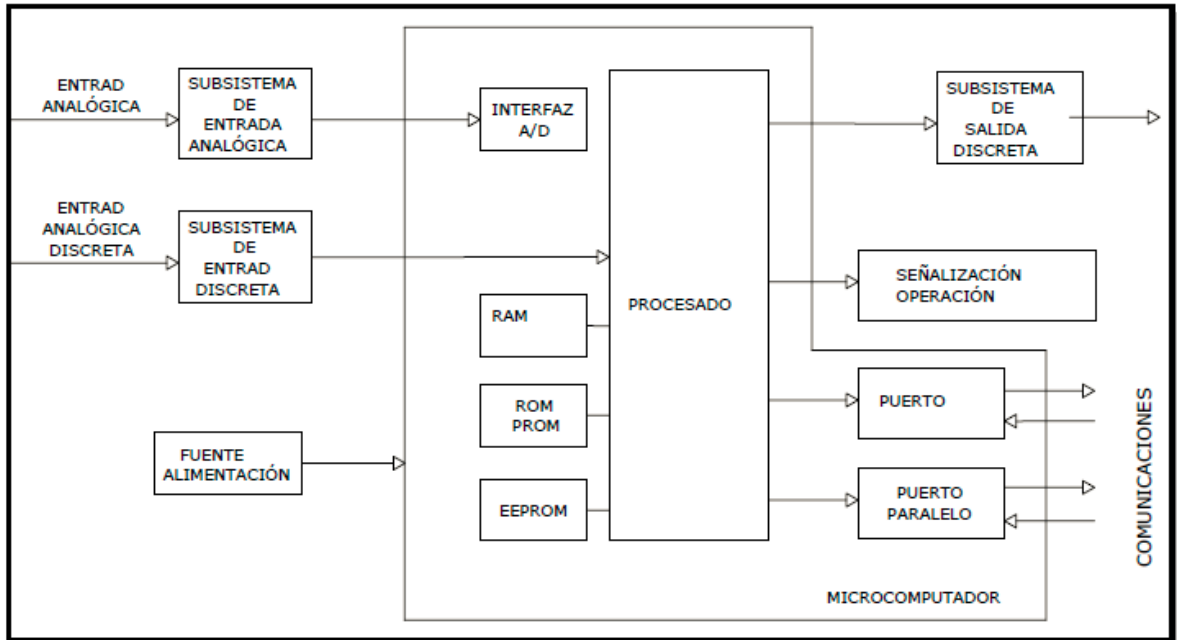
**Funcionamiento del Relé Numérico.** El relé recibe señales analógicas a través de un puerto que tiene una interfaz análoga / digital, es decir convierte los datos análogos provenientes de los transductores primarios de corriente y potencial en datos digitales, por otro puerto discreto recibe señales digitales reflejando en qué estado se encuentran disyuntores, cuchillas y otros elementos de protección.

El relé físicamente está compuesto por los siguientes elementos:

- Microprocesador.
- Memoria RAM
- Memoria ROM
- Memoria EEPROM
- Puerto serial
- Puerto paralelo.
- Entradas analógicas y entradas digitales o discretas.

En la figura 6 se puede observar el sistema a bloques.

Figura 6. Sistemas a bloques Relé Numérico



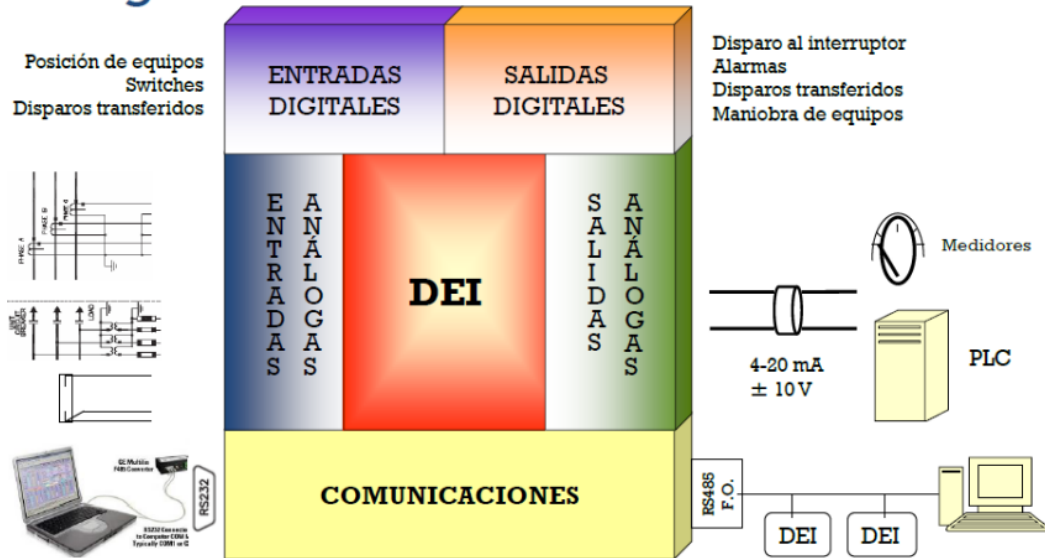
Fuente: Autor del proyecto

**Software del Relé numérico.** El software instalado en el sistema de control del relé numérico está previsto para realizar una serie de tareas que requieren el funcionamiento del relé en tiempo real. El sistema operativo en tiempo real es un componente esencial y su función es asegurar que se cumplan las tareas que están programadas cuando éstas sean requeridas.

Diferentes tareas son asignadas a la programación establecida variando según el funcionamiento de cada relé.

**Aplicación del programa utilizado.** Es la programación que determina el funcionamiento y las características de protección asignadas a cada relé en el sistema general.

Figura 7. Sistemas a bloques Relé Numérico, dispositivo inteligente



Fuente: <http://files.informacionclasesiupsm.webnode.com.ve/200000044-544f7554bc/UNIDAD%20II.pdf>.

**Características generales del relé numérico.** Las siguientes son características específicas del relé numérico que lo coloca en ventaja frente a los relés estáticos.

- Arquitectura de hardware
- Software del sistema operativo de retransmisión
- Software de aplicación de retransmisión

**Características adicionales de relés numéricos:**

- Pantalla de valores medidos
- VT / CT Supervisión
- Control de CB e indicación del estado / monitoreo de la condición
- Registrador de perturbaciones (Oscilógrafo)
- Sincronización de tiempo.

**Lógica programable.** Suministro de grupos de configuración.

### **Consideraciones numéricas de retransmisión:**

Control de versión de software  
Gestión de datos de retransmisión  
Pruebas de relés y puesta en marcha

### **Ventajas de los relés numéricos sobre relés estáticos:**

Varios grupos de ajustes  
Mayor rango de ajuste de parámetros  
Comunicaciones integradas (serie, Ethernet, tele protección)  
Diagnóstico de falla interna  
Mediciones del sistema de potencia disponibles  
Distancia al localizador de fallas.

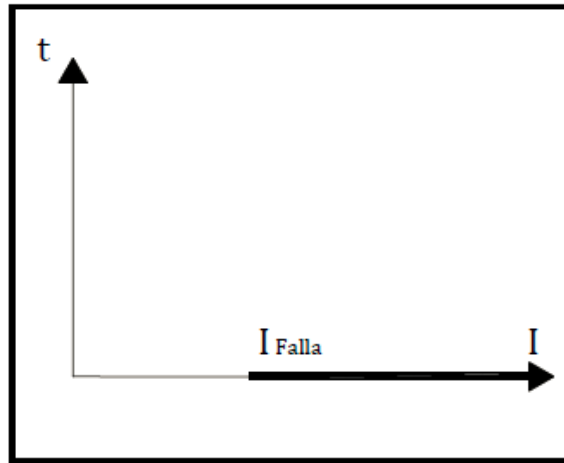
**4.1.3.2 Relé de sobrecorriente.** El relé de sobrecorriente pertenece al grupo de los relés numéricos y dentro sus funciones principales está la de realizar la apertura en el disyuntor o el circuito que se está protegiendo cuando se produzcan variaciones en la corriente del circuito de acuerdo a los valores de referencia asignados. A la corriente de arranque ( $I > I_{\text{arranque}}$ )

**Apertura del disyuntor de manera instantánea.** Este evento ocurre con retardo de actuación nulo. Es decir, cuando la corriente  $I$  es mayor que la corriente de arranque ( $I > I_{\text{arranque}}$ ), inmediatamente el relé da apertura al disyuntor.

En la figura 8 podemos observar su funcionamiento

(Véase la Figura 8).

Figura 8. Propiedad de sobrecorriente instantánea en un relé

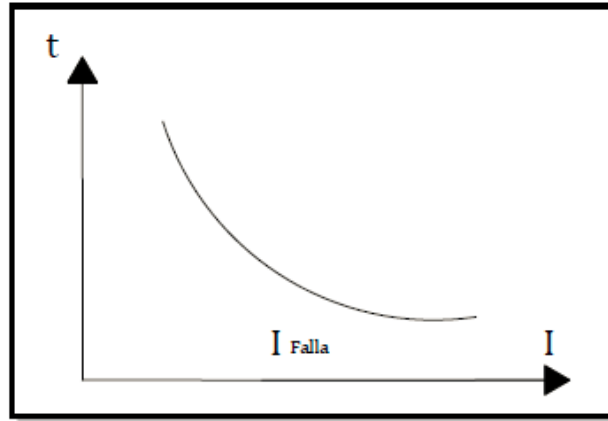


Fuente: Autor del proyecto.

**Apertura del disyuntor con Temporización de tiempo definido.** Cuando la corriente  $I$  es mayor que  $I$  de arranque ( $I > I_{\text{arranque}}$ ), transcurre un tiempo determinado el relé hace la apertura del disyuntor.

**Apertura del disyuntor con temporizado inverso.** El temporizado depende directamente de la variable que se está midiendo, si la corriente medida es alta, el tiempo de respuesta es menor. Esto conlleva a tener tiempos de respuesta más rápidos ante una avería logrando ser permisivos antes averías ligeras.

Figura 9. Característica con temporización inversa en relés de sobrecorriente



Fuente: Autor del proyecto.

En conclusión, las instalaciones adicionales en relés de sobrecorriente numéricos pueden evitar la necesidad de instalar otros dispositivos de medición y control en una subestación. También los relés numéricos tienen una funcionalidad que anteriormente requería un equipo separado. El relé de protección ya no realiza una función de protección básica, sino que es una parte integral y principal de un esquema de automatización en una subestación.

**Nota aclaratoria:** Lo descrito en los párrafos anteriores nos ilustra el funcionamiento y las características básicas de los relés de sobrecorriente; para una mayor ilustración en el manejo y un conocimiento más profundo del tema, se recomienda realizar el entrenamiento en la plataforma virtual.

**ANEXO A: “INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A RELES DE SOBRECORRIENTE EN SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL”.** Sección relés de sobrecorriente. INSTRUCTIVO DE PRUEBAS A RELES DE SORECORRIENTE GP- I - 002.

## 4.2 ETAPA 2

Proyectar los protocolos y actividades para las pruebas a relés de sobrecorriente aplicados al instructivo en la plataforma virtual.

Actividades propuestas:

Consultar las referencias, normas utilizadas para pruebas de relés de sobrecorriente.

Determinar los equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a relés de sobrecorriente.

Establecer los factores de seguridad para las actividades que involucren riesgo eléctrico (arco o choque eléctrico) en corriente alterna y continua.

**4.2.1 Normas utilizadas para pruebas de relés de sobrecorriente.** El diseño de este manual de protocolos y procedimientos de pruebas a equipos en subestaciones se soporta en la necesidad de dar cumplimiento con lo estipulado en el artículo 24.1, párrafo b, del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, el cual dice lo siguiente:

“Toda subestación para su operación debe contar con los manuales de operación y mantenimiento, entregando precisión en el proceso párrafo b. no dando lugar a que se presentes errores Artículo 24.1”<sup>2</sup>.

El punto de partida para el diseño del manual de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas en relés de sobrecorriente se basó en la estricta aplicación de la normativa descrita en el apartado 1.6 (LEGISLACIÓN) de este documento donde se relacionan las normas requeridas en el manejo de procedimientos de operación, puesta en marcha y mantenimiento general de las subestaciones eléctricas; teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Medio ambiente.  
Seguridad y salud en el trabajo.  
Marco internacional.  
Marco nacional.

---

<sup>2</sup> RETIE artículo 24.1, párrafo b.

En la construcción del instructivo se tuvo en cuenta, bibliografía recopilada, reglamentos técnicos, normas del sector eléctrico, fichas técnicas, folletos, documentos asociados a las labores de mantenimiento y pruebas eléctricas a equipos de subestaciones.

De acuerdo al proceso de investigación documental, se caracterizaron un grupo de normas en medio ambiente, seguridad y salud en el trabajo, normativa internacional y nacional referente a los trabajos realizados en la subestaciones.

**Alcance del instructivo.** El documento está centrado sólo a las pruebas con equipos especializados a relés de sobrecorriente, con la aplicación de las normas de seguridad y salud en el trabajo, riesgo eléctrico y medio ambiente en una subestación en general.

**Nota aclaratoria:** Para la consulta de normativa aplicada ver Anexo A:

**“INSTRUCTIVO PARA PRUEBAS A RELES DE SOBRECORRIENTE EN SUBESTACIONES ELECTRICAS SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL**  
“Seguir las siguientes instrucciones:

Ingresar a la plataforma.  
Dar click en contenido  
Click en la sección Referencia normas y guías.

En la En la figura 10 contenido Plataforma virtual Instructivo para pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual, se puede ver el contenido.



Figura 10. Contenido Plataforma virtual



Fuente: Autor del proyecto.

**4.2.2 Equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a relés de sobrecorriente.** De acuerdo la información obtenida en la investigación sobre el uso de equipos para este tipo de pruebas se tomaron los que aplican en las actividades de pruebas a relés de sobrecorriente, las cuales se pueden efectuar en la puesta en marcha o verificar su estado de funcionamiento actual.

Como el proyecto integral está compuesto por tres subproyectos se seleccionaron de los listados consultados, los equipos de medición que aplican para las tres elementos: Relés de sobrecorriente, transformadores, interruptores de potencia; esta selección se observa en el cuadro 1.

(Véase el Cuadro 1).

Cuadro 1. Equipos seleccionados para las tres pruebas

<b>Código</b>	<b>Equipo de pruebas</b>
GP-F-001	CPC - 100
GP-F-002	M4000
GP-F-003	OHMETER
GP-F-004	TTR
GP-F-005	MEGGER MIT 520
GP-F-006	TDR 900
GP-F-007	TDR 9000
GP-F-008	SVERKER
GP-F-009	MILIOHMIMETRO AEMC 5600
GP-F-010	KIORITSU
GP-F-011	MEDIDOR RESISTENCIA DEVANADOS VANGUARD
GP-F-012	TELURIMETRO – LEM
GP-F-013	CHISPOMETRO
GP-F-014	CMC 356 GTM
GP-F-015	F6
GP-F-016	MEDIDOR DE IMPEDANCIA BITE
GP-F-017	MILIOHMIMETRO MOM
GP-F-018	CT ANALIZER

Fuente: Autor del proyecto.

## Equipos y Herramientas para relés de sobrecorriente seleccionados:

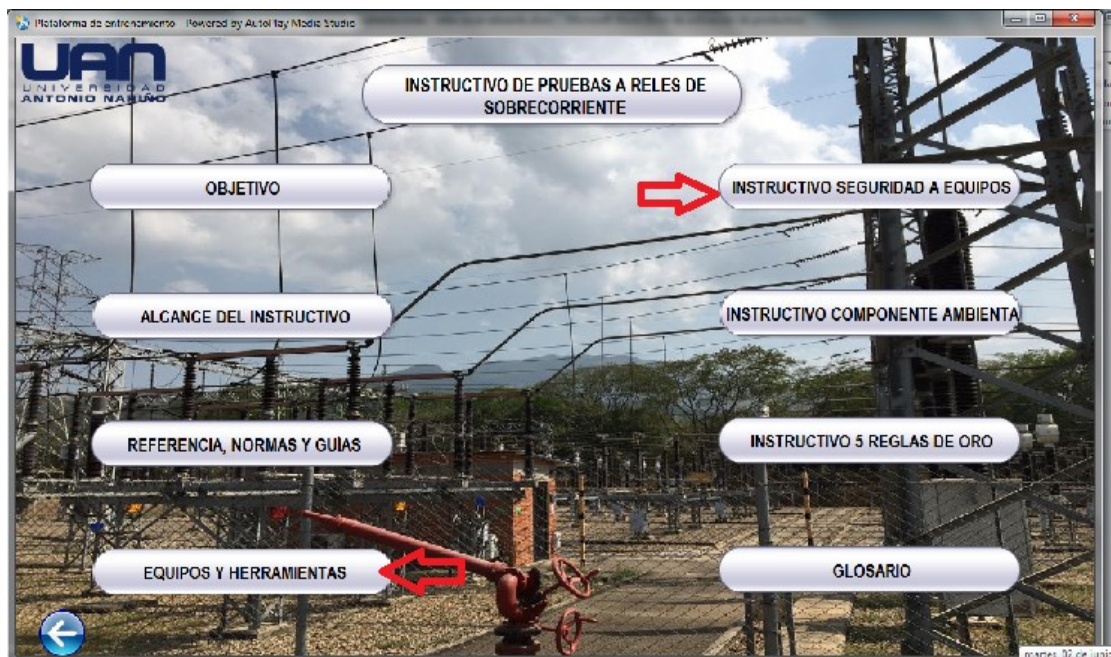
Estos equipos se seleccionan del cuadro 2 para el instructivo de pruebas a relés de sobrecorriente.

Equipo F6150 o CMC356

Las actividades o pruebas para lo cual están previstos estos equipos se reglamentaron para su desarrollo dentro de los parámetros establecidos en el “Instructivo de seguridad de equipos de pruebas GS-I-001”.

Este instructivo se diseñó con las recomendaciones técnicas y de seguridad para las mediciones entregadas por el fabricante.

Figura 11. Instructivo de pruebas a relés de sobrecorriente, Plataforma virtual



Fuente: Autor del proyecto.

**4.2.3 Elaboración del instructivo.** Se inicia aclarando que generalmente se habla de manual, pero en la consultas de la normas de gestión de calidad se recomienda hablar de instructivos, de acuerdo a esto se procedió con los tres integrantes del proyecto integral, a diseñar un cuadro con los códigos de cada instructivo y su aplicación. (Véase el Cuadro 3).

Cuadro 2. Códigos de aplicación a los instructivos

INSTRUCTIVO	NOMBRE	CODIGO
Gestión de pruebas interruptores	Instructivo Pruebas Interruptores.	GP-I-001
Gestión de pruebas a Relés de sobre corriente.	Instructivo Pruebas a Relés de sobre corriente.	GP-I-002
Gestión de pruebas a transformadores de corriente	Instructivo Pruebas a transformadores de corriente	GP-I-003
Gestión DE SEGURIDAD a EQUIPOS DE PRUEBAS	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD EQUIPOS DE PRUEBAS	GS-I-001
Gestión de seguridad para elaboración formatos cinco reglas de oro	instructivo elaboración formatos cinco reglas de oro	Gs-I-002
Gestión de seguridad	Instructivo seguridad Ambiental	GS-I-003

Dónde:

Gestión de pruebas se codifica GP.  
 Instructivo se codifica I.  
 Gestión de seguridad GS  
 La numeración se lleva consecutivamente.

**4.2.3.1 Formato para el instructivo.** Se diseñó un formato general para estandarizar todos los procesos en la plataforma virtual.

Se aplica normas APA para los instructivos que van en la plataforma y realiza un cuadro para el modelo del formato.

Cuadro 3. Formato para el desarrollo de instructivos

NUMERAL	ITEM	ACTIVIDADES
	PROYECTO	Nombre del proyecto
1	OBJETIVO GENERAL	Es el enunciado que resume la idea central y la finalidad del trabajo o proyecto
2	ALCANCE DEL INSTRUCTIVO	Es el máximo de actividades que se pueden realizar con las actividades del instructivo
3	DEFINICIONES (GOLASRIO)	Listado de las diferentes palabras o términos no son conocidos comúnmente
4	REFERENCIA, NORMAS Y GUÍAS UTILIZADAS	Información para identificar los diferentes tipos de normas y referencias utilizados en el instructivo
5	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Listado de los equipos y herramientas de pruebas disponibles para la realización de pruebas
6	<b>FACTORES DE SEGURIDAD</b>	Elementos de protección personal y normas de seguridad para la ejecución de las labores
	NORMAS DE SEGURIDAD	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN
7	ALISTAMIENTO	En la etapa de alistamiento de los equipos a utilizar, elementos de protección personal y cantidad de personal, traslado de elementos y del recurso humano hasta el lugar donde se van a llevar a cabo las actividades
8	DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS	Descripción de todas las pruebas que han de realizarse con el interruptor; desenergizado y aislado del sistema
9	ADVERTENCIAS PARA USO DEL EQUIPO	Todas las advertencias para el uso del equipo según el fabricante, aplicación de las 5 reglas de oro.
10	MEDIO AMBIENTE	Las actividades se deben desarrollar dentro de los parámetros establecidos en el "Instructivo de seguridad ambiental GS-I-003".

Fuente: Autor del proyecto.

El siguiente paso fue la redacción de cada instructivo, siguiendo las actividades del formato diseñado y la codificación propuesta en el cuadro 3.

**4.2.3.2 Resultados obtenidos.** Los resultados obtenidos en este objetivo fueron: Instructivo Pruebas relés de sobrecorriente GP-I-002.

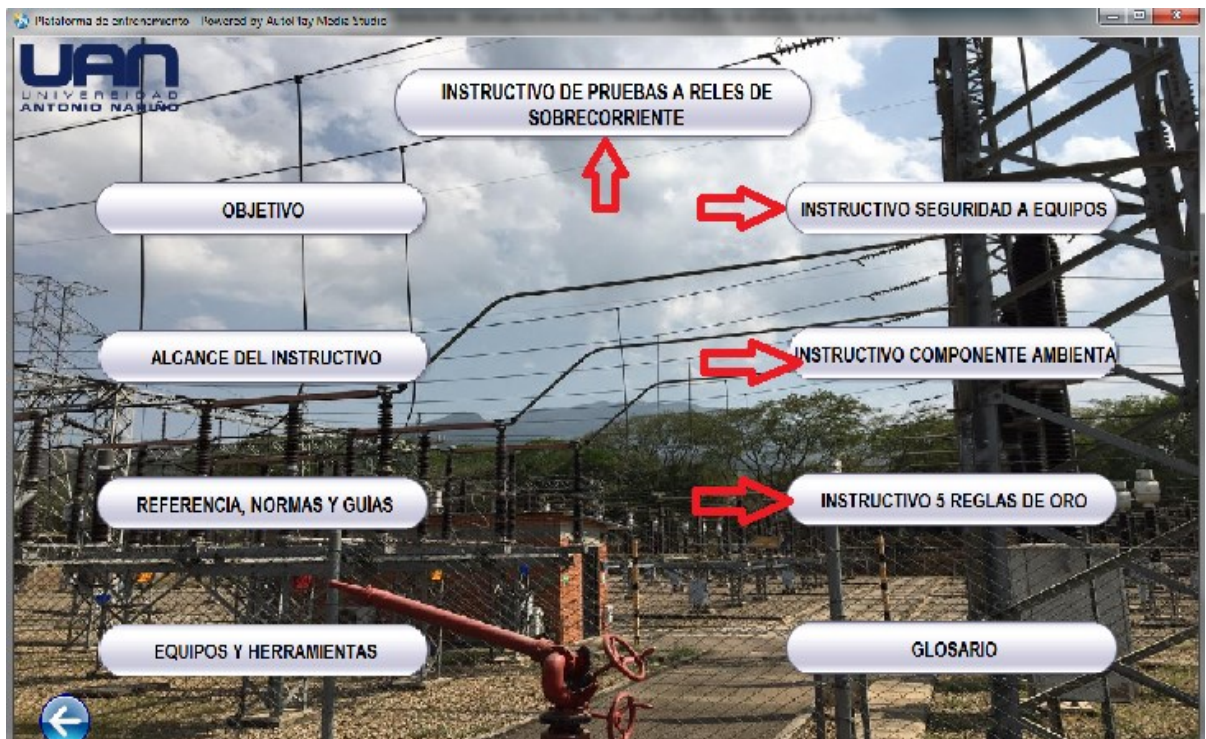
Instructivo de seguridad equipos de pruebas GS-I-001.

Instructivo elaboración formatos cinco reglas de oro GS-I-002.

Instructivo seguridad Ambiental GS-I-003.

**NOTA:** Toda la información se encuentra en la plataforma virtual. (Véase el Anexo A: Sección de relés de sobrecorriente).

Figura 12. Instructivo de pruebas a relés de sobrecorriente, Plataforma virtual e instructivos: GS-I-001, GS-I-002, GS-I-003 Plataforma virtual



Fuente: Autor del proyecto.

### 4.3 ETAPA 3

Implementar la plataforma virtual, para soportar el instructivo de las pruebas a relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas.

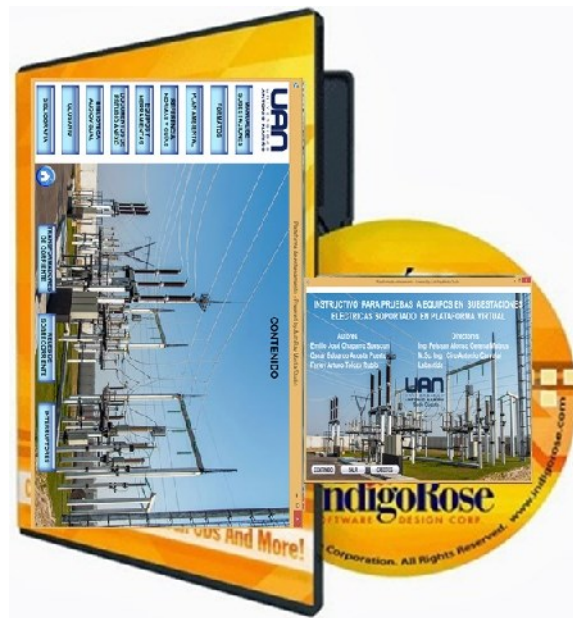
Actividades propuestas:

Seleccionar la plataforma virtual para la implementación del instructivo.

Implementar el instructivo en la plataforma virtual.

**4.3.1 Plataforma digital- multimedia.** La plataforma Autoplay se selecciona con los siguientes criterios: Capacidad de almacenamiento y costos. Es una plataforma que se puede descargar en una versión libre por 30 días y se deja editar. Autoplay Media Studio V.8.1.0.0 Full.

Figura 13. Portada Auto play

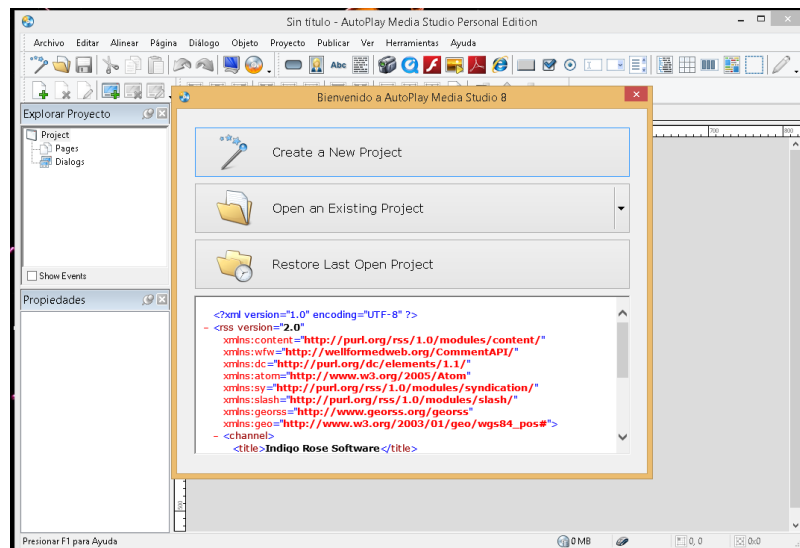


AutoPlay Media Studio es un programa que facilita el desarrollo de programas interactivos. La principal característica de este programa, es la facilidad de su uso, el cual se puede contener videos, imágenes, animaciones, etc. desde una sencilla interfaz.

Se puede desarrollar el crear CDs multimedia auto ejecutables, Pack de utilidades, álbumes de fotos entre otros.

**4.3.1.1 Edición de un proyecto.** Al abrir el programa aparece la pantalla para elegir la opción de crear un nuevo proyecto o abrir un proyecto ya existente que este guardado también se puede abrir el último proyecto que se hubiese trabajado.

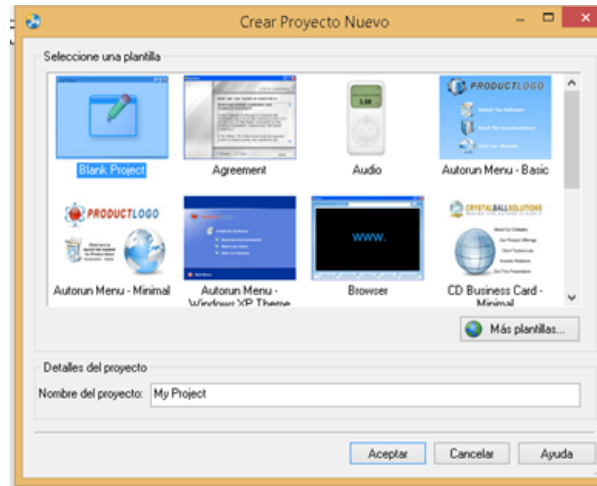
Figura 14. Plantilla 1



Se selecciona crear nuevo proyecto y se escoge el tipo de plantilla que se desea usar; en nuestro caso se usó una plantilla en blanco.

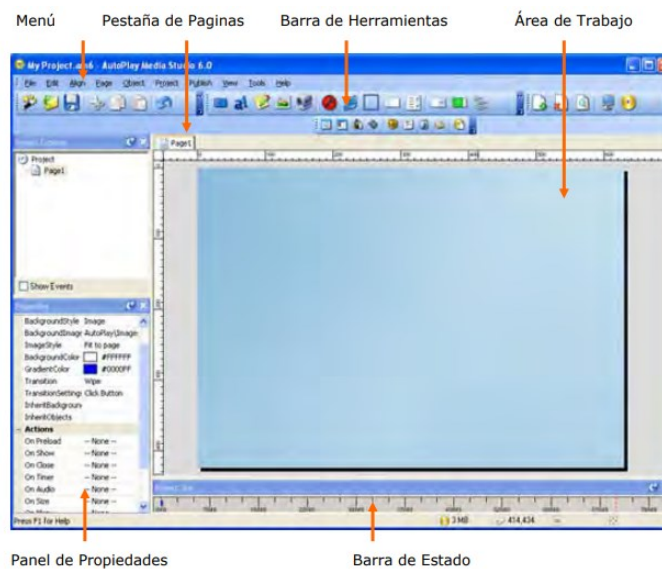


Figura 15. Plantilla 2



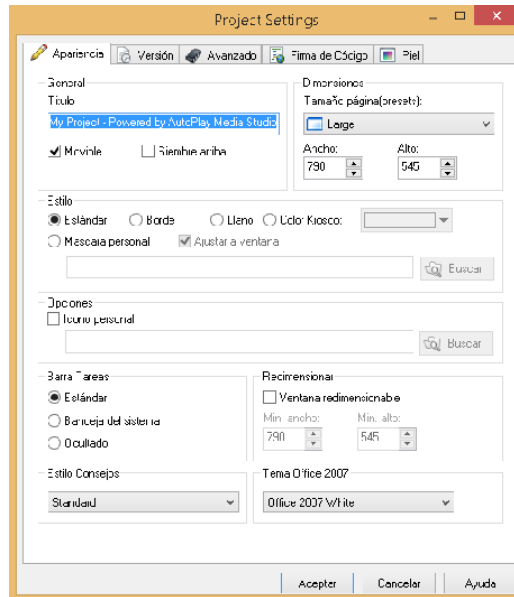
En la interfaz del lado superior, justo en la parte baja de la barra del título está el Menú. Si hace clic en este menú, accede a varios comandos, ajustes y herramientas. Debajo del menú está la barra de herramientas, esta barra se puede personalizar desde el Menú Herramientas / Personalizar.

Figura 16. Plantilla 3



El programa genera ajustes por defecto, los cuales se pueden modificar en la herramienta proyecto - configuración y se despliega esta ventana:

Figura 17. Plantilla 4

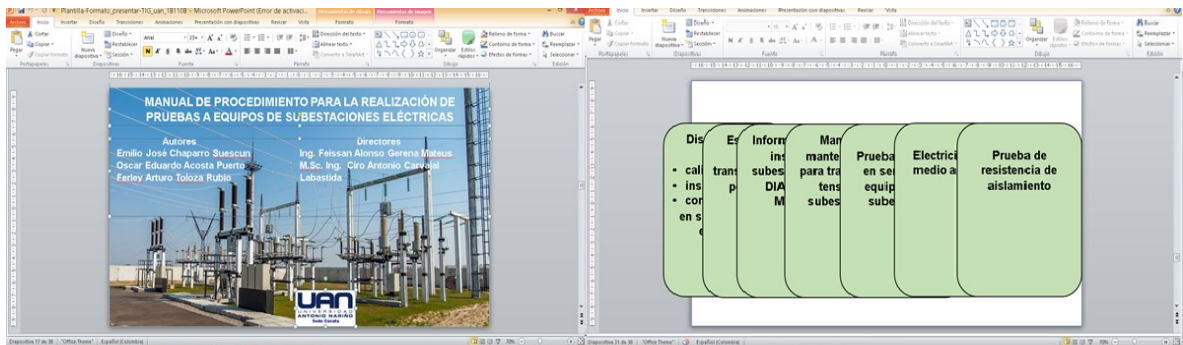


En esta ventana se puede modificar el título, la opción para que la ventana sea modificable, movable o siempre este adelante, las dimensiones de la página, estilo, el icono y la barra de tareas, etc. Una vez configurado estos datos del proyecto, comenzamos con su diseño.

### Inserción de imágenes:

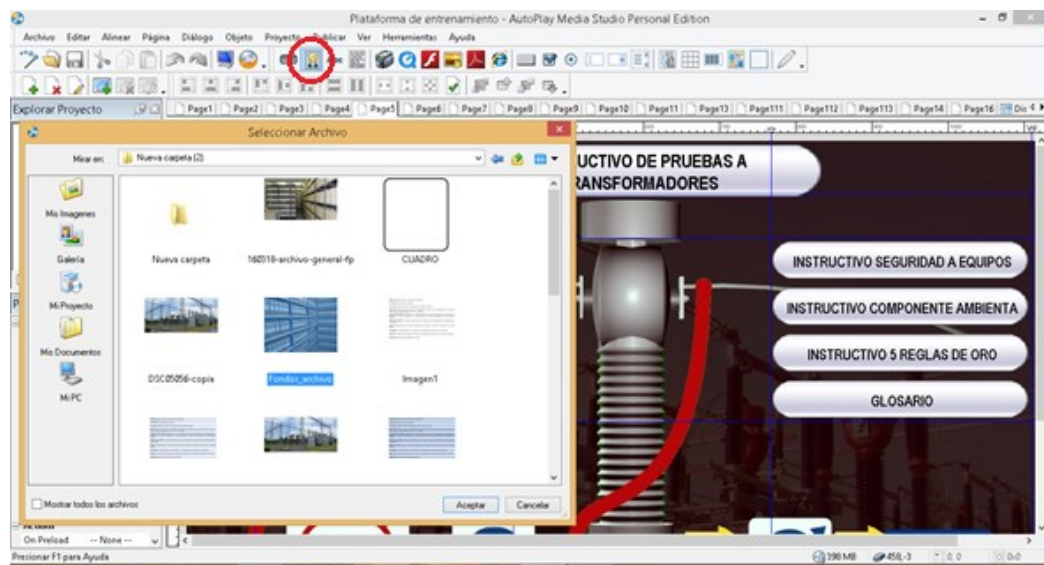
Al iniciar el proyecto se procedió a preparar las imágenes de la plataforma, las cuales se pueden realizar en cualquier programa de diseño de imágenes o de internet en formato JPG O PNG.

Figura 18. Plantilla 4



Después se utilizan las herramientas para importar imágenes en el programa de autoplay se selecciona la imagen deseada.

Figura 19. Plantilla 5

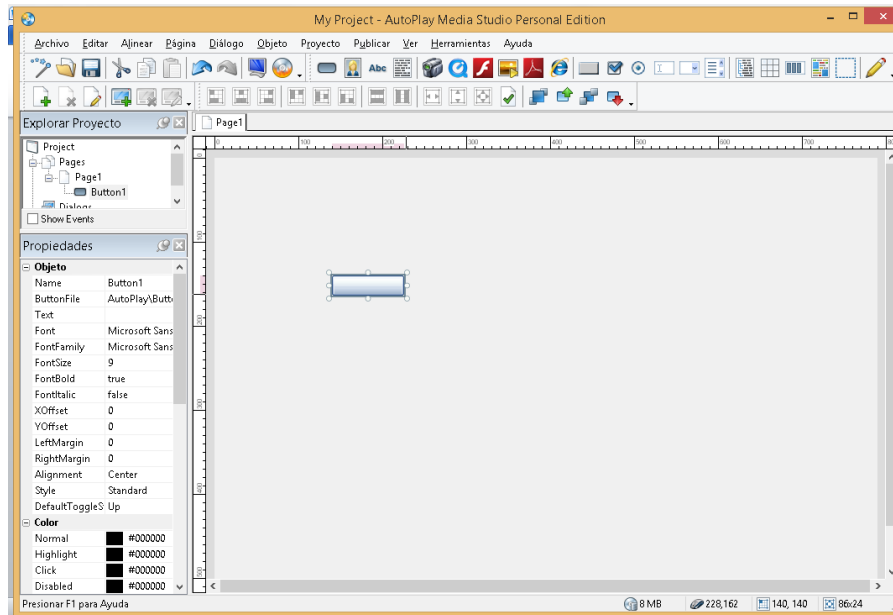


### Inserción de botones:

Para la inserción de botones utilizamos la opción de insertar botones; el programa

cuenta con una variedad de botones también trae la opción de crear botones. Una vez elegido el botón, aparece en el proyecto. Al seleccionarlo muestra en el menú de la izquierda las opciones para modificar.

Figura 20. Plantilla 6

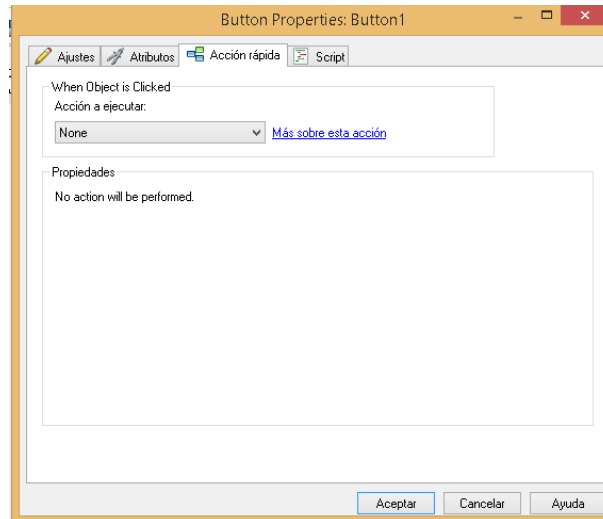


En el lado inferior izquierdo cuenta con diferentes tipos opciones como el de modificar el nombre del botón para identificar cada uno, la ruta del botón donde se encuentra el archivo almacenado y se puede elegir otro diferente seleccionando en los puntos que aparecen a un lado, el texto que aparece en el botón, en la parte siguiente cuenta para configurar el texto trae las opciones de elegir la fuente y el tamaño de letra o si se desea que el texto aparezca con negrita o de manera cursiva se puede ajustar la posición horizontal o vertical del texto en el botón.

Cuenta con alineación del texto en el botón alineación izquierda; alineación centrada, alineación a la derecha también trae una configuración de estilo, al seleccionar la versión estándar tendrá tres tonos de cambio, el de reposo, el que adquiere al poner el cursor encima y el que adquiere al hacer clic sobre el botón.

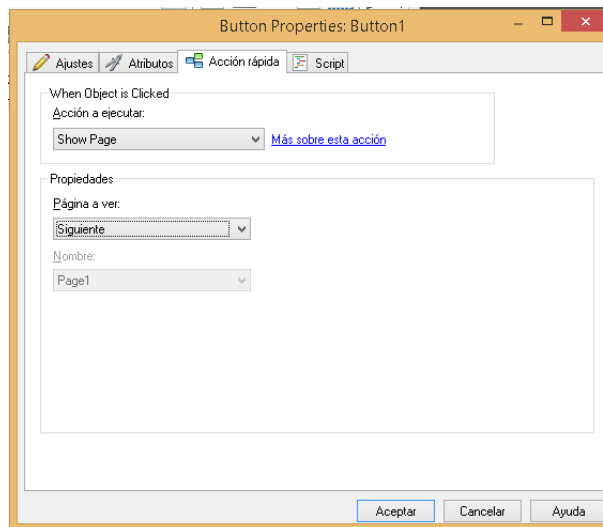
Una vez creado el botón se puede configurar las acciones a ejecutar con ese botón. Para ello con doble clic sobre el botón, o clic derecho y se elige

propiedades, al seleccionar la pestaña de acción rápida.  
Figura 21. Plantilla 7



Acá se encuentran dos opciones principales, la primera es una acción que ejecutará el botón al hacer clic sobre él y la segunda son las propiedades de la acción a ejecutar la cual seleccionamos mostrar página y se configura la página a mostrar.

Figura 22. Plantilla 8

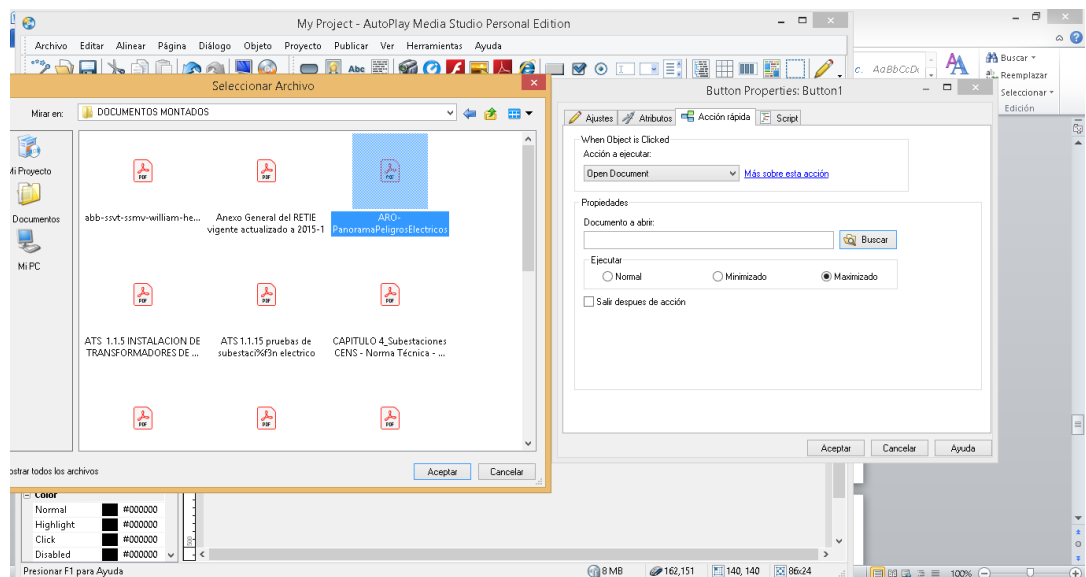


Dentro de las opciones hay varias opciones como página a mostrar, mostrará la primera página del proyecto, mostrar la página anterior o siguiente a la que se encuentra, mostrar la última página del proyecto, mostrar la última página visitada, según el historial de páginas visitadas del proyecto y trae la opción para elegir la página saltándose el orden.

### **Abrir documento:**

Esta acción permite abrir documentos y diferentes tipos de archivos, para seleccionar el documento o archivo que queremos que se abra al pulsar el botón en la opción de buscar archivo también cuenta para configurar la forma de abrirlo si es normal, minimizado o maximizado.

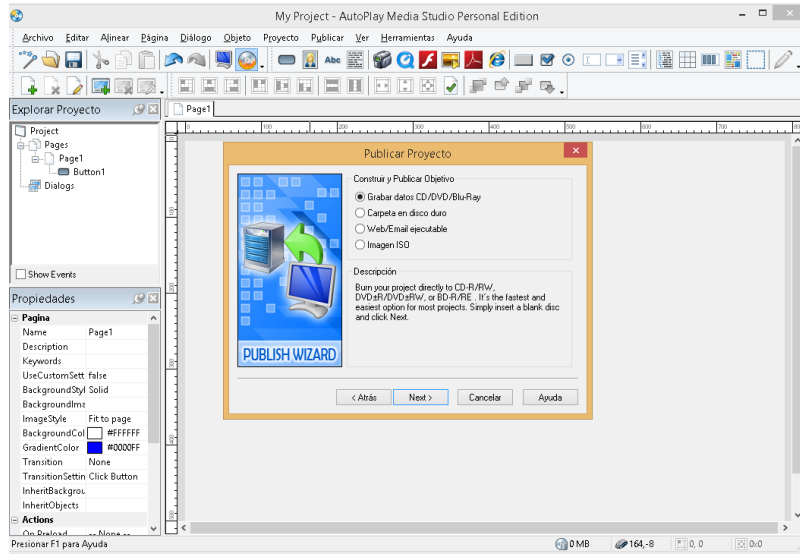
Figura 23. Plantilla 9



### **Construir el ejecutable:**

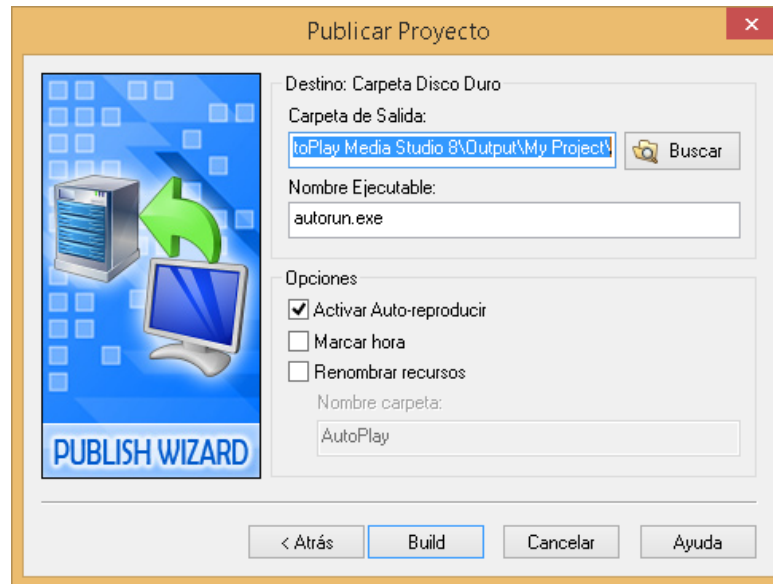
Al terminar las configuraciones se puede visualizar desde el botón para ver una vista anticipada del proyecto de la barra de herramientas y que no hay ningún error, luego es el momento de crear un archivo ejecutable, se selecciona en el

botón de la barra de herramientas y luego aparece la siguiente ventana:  
Figura 24. Plantilla 10



Dentro de las opciones de guardado se seleccionó la opción de carpeta en disco duro luego aparece una ventana para buscar la carpeta de salida donde se guardara el archivo ejecutable.

Figura 25. Plantilla 11



**Para más información visitar la página:**

<https://www.indigorose.com/files/autoplay-media-studio-8-manual.pdf>

**Link de descarga:**

[http://www.mediafire.com/file/115i2bh6z8happy/Autoplay\\_Media\\_Studio\\_8.rar/file](http://www.mediafire.com/file/115i2bh6z8happy/Autoplay_Media_Studio_8.rar/file)

## **4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO**

(Véase el Cuadro 4).



Cuadro 4. Presupuesto global del proyecto

<b>PRESUPUESTO</b>	
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
<b>Plataforma Digital Virtual.</b>	<b>\$833.333</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$833.333</b>
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
<b>DESARROLLO DE DISEÑO TECNOLOGIA</b>	<b>\$ 1.000.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.000.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION (CIF)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
<b>LABORATORIOS UAN, BIBLIOTECA VIRUTAL</b>	<b>\$300.000</b>
<b>ACCESO A INTERNET</b>	<b>\$ 200.000</b>
<b>BIBLIOGRAFIA, CAPACITACION Y COSTOS DE IMPRESIÓN LIBROS Y DOCUMENTOS</b>	<b>\$1.500.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$2.000.000</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>	<b>\$ 833.333</b>
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>	<b>\$ 1.000.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION (CIF)</b>	<b>\$ 2.000.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$3.833.333</b>

Fuente: Autor del proyecto

## 4.6 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

**4.6.1 Energía eléctrica y medioambiente.** Por medio ambiente se entiende todo lo que rodea a un ser vivo. Entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad en su conjunto.

Para el desarrollo del Instructivo de seguridad Ambiental GS-I-003, se consultó la guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica, esta guía esta referenciada en la plataforma virtual y se puede consultar allí. (Véase el Anexo A).

Figura 26. Plataforma virtual plan ambiental



Fuente: Autor del proyecto.

## 4.7 GLOSARIO

**ACOMETIDA ELECTRICA:** Parte de una instalación que se deriva de la red hasta la instalación de servicio del usuario

**AISLADOR:** Pieza de material en base a porcelana que no permite el paso de la corriente eléctrica.

**ALAMBRE ELECTRICO:** Hilo compuesto de aleaciones de cobre, aluminio, hierro que conduce corriente eléctrica.

**CABLE:** hilo de diferentes diámetros con material aislante que contiene internamente un conductor.

**CORRIENTE ELÉCTRICA:** Flujo o movimiento de electrones en un circuito cerrado.

**FACTOR DE RIESGO:** condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

**FUSIBLE:** Elemento de protección a sobrecargas de corriente en un circuito eléctrico.

**PUESTA A TIERRA:** Dispositivo de seguridad que forma parte de una instalación eléctrica y realiza desvío de la corriente a tierra ante una eventualidad en un circuito o instalación.

**REGLAMENTO TÉCNICO:** Conjunto de normas o protocolos que rige y establece un control normativo en el desarrollo de un proceso.

**RETIE:** Conjunto de normas técnicas que rige las Instalaciones Eléctricas en Colombia.

**SECCIONADOR:** Es un equipo electromecánico que se utiliza para realizar maniobras de apertura y cierre en un circuito eléctrico.

**SUBESTACIÓN:** Es un conjunto de equipos con el objetivo de dirigir la energía eléctrica, generalmente integrado por generadores, líneas, relés, transformadores, equipos de protección y medida.

**TRANSFORMADOR:** Es un dispositivo encargado de elevar o disminuir los niveles de tensión, éste es una máquina eléctrica muy importante dentro de la subestación.

## **5. CONCLUSIONES**

El desarrollo de este trabajo integral de grado me dejó una enseñanza de cómo la tecnología se va desarrollando. En el estudio del relé pude observar cómo fue evolucionando, primero el relé electromecánico, luego el electrónico y actualmente el numérico o microprocesado; hoy entiendo el por qué del término automatización en una subestación eléctrica.

En la elaboración del instructivo de pruebas a relés pude comprobar por qué sólo se necesita un equipo especializado para sus pruebas; esto debido a que estos equipos son totalmente programables e incluyen todas las pruebas.

## **6. RECOMENDACIONES**

Una recomendación es que se debe profundizar más en la electrónica digital y programable, porque es una herramienta esencial en los procesos de control. Hoy en día lo pude comprobar elaborando el instructivo de pruebas para el Relé.

Se debe seguir alimentado la plataforma digital. En este trabajo sólo se analizaron tres equipos, se hace necesaria su actualización generando otros proyectos en torno a ella.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Colombia. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación (ICONTEC). NORMA TECNICA COLOMBIA NTC 2131 (28 de julio de 1999). Apartado 14237 Bogotá D.C., 1999, 51 p.

Ingeniería T&D. Subgerencia de Distribución. Estructuras 34,5 kV. [En línea]. Norte de Santander. CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P., 2017, 68 p. Disponible en <http://www.cens.com.co/Portals/2/ESTRUCTURAS%2034.5%20KV%2016-01-2017..pdf>

NORMA DE DISTRIBUCION N.MA. 70.06/2 (8 de noviembre del 2004). Seccionadores de media tensión. [En línea], 2004, 15 p. Disponible en <http://www.ute.com.uy/Empresa/lineas/distribucion/normalizacion/docs/NMA70062.pdf>.

Parametrización y caracterización de transformadores de corriente y de potencial de la red de distribución de la electrificadora de Santander/ Javier.

Pruebas eléctricas para puesta en marcha y mantenimiento de transformadores/ Megger/2010.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+d+el+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

Seccionador de operación bajo carga tripolar de uso interior tipo GAV. [En línea]. Bogotá D.C. SOCOL S.A., 2012, 1 p. Disponible en <http://socol.com.co/wp-content/uploads/2015/06/2013-11-20-tarjeta-GAV-V.pdf>

Soacha P., Leonardo. Trabajo de grado/ Universidad Industrial de Santander/ 2009. Pruebas eléctricas de diagnóstico a los transformadores de potencia/ Informe pasantía/Arturo José Lon/Universidad Simón Bolívar./2012.

Solis, I. E Luis Eduardo. Especificaciones técnicas y características técnicas garantizadas para seccionadores 34.5kv. Consecutivo del documento: LS-F-CON-ASC297-EL-04. [En línea]. Villavicencio, Meta. ELECTRIFICADORA DEL META S.A E.S.P., 2009, 14 p. Disponible en <http://www.emsa-esp.com.co/new/contratacion/docs/docs529/LS-F-CON-ASC297-EL-04%20SECCIONADORES%2034.5kV.pdf>.



# **ANEXOS**

## ANEXO A. Instructivo para pruebas a Relés de sobrecorriente en subestaciones eléctricas soportado en plataforma virtual



Carpeta Plataforma virtual en el CD Anexo.

