

**INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS  
A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE  
CORRIENTE SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL**

.....

**FERLEY ARTURO TOLOZA RUBIO**

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

**INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS  
A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE  
CORRIENTE SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL**

**FERLEY ARTURO TOLOZA RUBIO**

**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 Diomedes y Jesús quienes han sido mi mayor motivación para culminar esta carrera y por quienes decidí iniciar mis estudios universitarios para poder brindarles un mejor futuro.*

*A mi novia Dayanna, quien fue un gran apoyo en todos los aspectos para la culminación de este proyecto.*

*A mis profesores, quienes impartieron su sabiduría y conocimiento cada día de clases, gracias por su paciencia y ayuda para con nosotros, ellos quienes pusieron todo su empeño y dedicación para el día de hoy llegar hasta aquí y cumplir este sueño.*

**FERLEY ARTURO**

## **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 para pruebas a transformadores de corriente en subestaciones eléctricas soportado en una plataforma virtual con los protocolos, procedimientos y análisis sobre cómo se deben realizar las pruebas necesarias a Transformadores de Corriente (CT's) y a 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 transformadores de corriente, interruptores, relés de sobrecorriente 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:** aislamiento, transformador, pértiga, relé, aislamiento, riesgo eléctrico, Interruptor, subestación.

## **ABSTRACT**

The purpose of this comprehensive degree work is to design the instructions for testing current transformers in electrical substations supported on a virtual platform with the protocols, procedures and analysis on how the necessary tests must be carried out on Current Transformers (CT's) and others. patio equipment in electrical substations, in accordance with International, National standards and recommendations given by the manufacturer.

As a study and training for the users of this instructions, information on current transformers, switches, overcurrent relays related to the components that make them up, how they work and the different types that exist in the market are 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 instructions 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:** Isolation, transformer, pole, relay, isolation, electrical risk, Switch, substation

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. FUNDAMENTACIÓN	16
1.1 EL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 OBJETO	18
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 ACOTACIONES	18
1.5.1 Alcance	19
1.5.2 Limitaciones	19
1.6 LEGISLACIÓN	19
1.6.1 Impacto ambiental	19
1.6.2 Marco Internacional	20
1.6.3 Marco Nacional	21
1.6.4 Marco Institucional	21
2. ARGUMENTACIÓN	22
2.1 ANTECEDENTES	22

2.1.1 Nivel Internacional	22
2.1.2 Nivel Nacional	23
2.1.3 Nivel Local	23
2.2 MARCO TEÓRICO	24
2.2.1 Sistema de distribución de energía eléctrica	24
2.2.2 Subestaciones eléctricas	24
2.2.3 Transformador	25
2.2.3.1 Transformador de corriente	25
2.2.3.2 tipo barra o buje	25
2.2.3.3 Montaje separado	25
2.2.4 Seccionadores	26
2.2.5 Usos de los seccionadores	26
3. METODOLOGÍA	28
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.2 MARCO ESTRATÉGICO TÁCTICO	28
3.3 PLAN DE TRABAJO	28
3.3.1 Etapa 1	29
3.3.2 Etapa 2	29
3.3.3 Etapa 3	29
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	31
4.1 ETAPA 1	31



4.1.1 Recolección de la información	31
4.1.2 Características técnicas de los transformadores de corriente	32
4.1.3 Tipos de transformadores de corriente	33
4.1.3.1 Según su forma constructiva	33
4.1.3.2 Según su construcción eléctrica	34
4.1.3.3 Según su aplicación	35
4.1.3.4 Características técnicas	37
4.2 ETAPA 2	38
4.2.1 Normas utilizadas para pruebas de transformadores de corriente	39
4.2.2 Equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a transformadores de corriente	41
4.2.3. Elaboración del Manual	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	47
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	65

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Instructivo de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Subestación eléctrica	24
Figura 2. Transformador de corriente	25
Figura 3. Seccionador tripolar de uso exterior	26
Figura 4. Seccionador tripolar de uso interior	27
Figura 5. Transformadores de corriente	33
Figura 6. Devanado primario	34
Figura 7. CT's de varios núcleos	34
Figura 8. CT's de relación múltiple	35
Figura 9. Placa de características, Transformadores de corriente CT's	38
Figura 10. Contenido Plataforma virtual	41
Figura 11. Instructivo de pruebas transformadores de corriente, plataforma virtual	43
Figura 12. Instructivo de pruebas a transformadores de corriente 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	54
Figura 23. Plantilla 9	55
Figura 24. Plantilla 10	55
Figura 25. Plantilla 11	56
Figura 26. Plataforma virtual plan ambiental	58

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Precisiones de los transformadores de corriente	36
Cuadro 2. Límite de error para los transformadores de corriente	37
Cuadro 3. Equipos seleccionados para las tres pruebas	42
Cuadro 4. Códigos de aplicación a los instructivos	44
Cuadro 5. Formato para el desarrollo de instructivos	45
Cuadro 6. 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 transformadores de corriente, 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 de transformadores donde se ejecutan las pruebas de rigor, revisión de aislamiento, estructuras, aisladores eléctricos, cortacircuitos, fusibles, interruptores y equipos de medición, es decir, las condiciones óptimas del transformador 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 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. Es por esta razón, que 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 de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente soportado en plataforma virtual.

### 1.4 OBJETIVOS

**1.4.1 Objetivo general.** Elaborar el instructivo de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente, soportado en plataforma virtual.

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

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

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

### 1.5 ACOTACIONES

Para hacer realidad el proyecto global denominado INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL, se realizaron en conjunto tres subproyectos cuya denominación y autores son:

INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS INTERRUPTORES Autor: EMILIO JOSE CHAPARRO SUESCUN Cód.: 23551722903.

INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS RELES DE SOBRECORRIENTE  
Autor: OSCAR EDUARDO ACOSTA PUERTO Cód.: 23551724591.

INSTRUCTIVO DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE  
Autor: FERLEY ARTURO TOLOZA RUBIO Cód. 23551727464.

**1.5.1 Alcance.** El alcance del proyecto, es el diseño del instructivo para pruebas de equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente soportado en plataforma virtual aplicando la Norma NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano y el RETIE.

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

El desarrollo del trabajo de grado se limita al diseño del instructivo de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas específicamente transformadores de corriente; 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 la puesta a tierra de circuitos y cajas secundarias de transformadores de instrumentos.

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

**2.2.3.1 Transformador de corriente.** Es el dispositivo conformado por un devanado primario, un núcleo y un devanado secundario, un transformador de corriente está diseñado principalmente para mantener una relación precisa entre la corriente de un circuito primario y secundario de acuerdo a un rango.

Figura 2. Transformador de corriente



Fuente: Transformador de corriente. Disponible en;  
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3035/1/PulidoL%C3%B3pezDiegoFernando2015.pdf>.

Los transformadores de monitoreo interno o externo de tipo inductivo, capacitivo u óptico, proporcionan una señal de corriente del sistema de un punto determinado; esta señal es utilizada para medida y protección eléctrica.

Su interconexión en el circuito se realiza en serie, donde su devanado presenta una baja impedancia con respecto al sistema de potencia.

**2.2.3.2 Tipo barra o buje.** Es un transformador no tiene el devanado primario, debido a que la barra que conduce en el sistema tiene esta función y el devanado secundario se está dispuesto sobre un núcleo toroidal.

**2.2.3.3 Montaje separado.** Este tipo de transformadores se utiliza donde no se puede montar dentro de los bujes del transformador o interruptor; está construido

por medio de un elemento conductor primario que tiene la forma de U, este se introduce dentro de un elemento aislante de material de cerámica que se llena con aceite dieléctrico y allí se encuentra el secundario.

**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. (Véase la Figura 3).

Figura 3. Seccionador tripolar de uso exterior

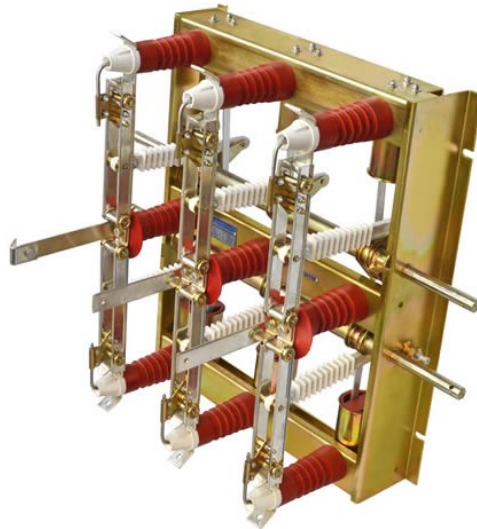


Fuente: Seccionador tripolar de uso exterior. Disponible en:  
[https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi\\_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co](https://www.google.com.co/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_0v2YwsDeAhVQrVMKHUS-C5UQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fsocol.com.co)

**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 INVESTIGACIÓN**

La ejecución de este trabajo se fundamentó en el proceso de recolección de información para la construcción del objeto de investigación, en este caso el manual de pruebas para equipos de subestaciones eléctricas (transformadores de corriente), la investigación bibliográfica y documental ocupó un lugar importante, ya que garantizó la calidad de los fundamentos del objeto de investigación, aplicando el análisis de la información consultada y recopilada con referencia a las especificaciones técnicas de transformadores de corriente 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 transformadores de corriente 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. (Transformadores de corriente).

#### **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.** Consultar las especificaciones técnicas, características eléctricas de los componentes de los transformadores de corriente.

Actividades propuestas:

Estudiar las características técnicas y recolectar información de los transformadores de corriente y elementos que lo conforman.

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

**3.3.2 Etapa 2.** Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a transformadores de corriente.

Actividades propuestas:

Consultar las referencias, normas utilizadas para pruebas de los transformadores de corriente.

Determinar los equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a transformadores de corriente.

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 el manual de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas en una plataforma virtual.

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

Consultar las especificaciones técnicas, características eléctricas de los componentes de los transformadores de corriente.

Actividades propuestas:

Estudiar las características técnicas y recolectar información de los transformadores de corriente 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 Características técnicas de los transformadores de corriente.** Un transformador de corriente se diferencia básicamente porque la corriente que circula en su bobina secundaria en una condición normal de operación es aproximadamente proporcional a la corriente que circula en la bobina del primario, una diferencia muy ligera es un desfaseamiento entre las dos.

Estos transformadores tienen dos funciones específicas a saber una de ellas es la transformación de la corriente y la otra es proteger, aislando la alta tensión de los instrumentos conectados para protección y medición. Su bobina primaria, está conformada por pocas espiras y se conecta en serie con el circuito donde se desea medir la corriente, la bobina secundaria se conecta en serie con las bobinas de corriente de los equipos de medición y de protección donde se requieren que sean energizados. El arrollamiento primario puede ser una o varias espiras que en algunos casos se pueden dividir en dos partes simétricas para conectarse en serie o paralelo y así variar la relación atravesando el núcleo magnético, este puede ser de forma toroidal o de entrehierro.



Figura 5. Transformadores de corriente



Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

**4.1.3 Tipos de transformadores.** En las subestaciones los transformadores varían según su construcción o tipo devanado primario de varios núcleos los cuales se utilizan tanto para medida como para protección y se clasifican según las siguientes características.

**4.1.3.1 Según su forma constructiva.** CT's tipo devanado primario, tipo barra, tipo toroidal (ventana o buje), tipo bornes.

- **Tipo devanado primario.** Consta de devanado primario y secundario totalmente aislado y montado permanentemente sobre el circuito magnético.

Figura 6. Devanado primario



Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

**4.1.3.2 Según su construcción eléctrica.** CT's con un solo núcleo, con varios núcleos, de relación simple, de relación múltiple.

- **CT's de varios núcleos.** Consta de varios devanados secundarios independientes y montados sobre un núcleo propio, con un devanado primario único que enlaza los núcleos secundarios con sus espiras.

Figura 7. CT's de varios núcleos



Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

- **CT's de relación múltiple.** Son aquellos en los cuales se puede variar la relación de transformación manualmente o por medio de un tap.

Figura 8. CT's de relación múltiple



Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
[https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente.](https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente)

#### 4.1.3.3 Según su aplicación. CT's de medida, de protección y combinados.

- **Transformadores de corriente de medida.** Son los transformadores cuya finalidad es alimentar los instrumentos de medida, para esta tarea se necesita que se reproduzca con exactitud la magnitud y el ángulo de fase de la corriente, la precisión se debe asegurar desde una corriente nominal muy pequeña hasta una corriente del 20% sobre el valor nominal.

**Clase de precisión.** La precisión en un transformador de medida se toma por su clase o exactitud, que indica en valor de porcentaje cual es el error máximo que se presenta en la medición, este es indicado por un número (índice de clase) que es igual al límite superior del error de intensidad o de tensión admisible y se expresa en un porcentaje de la corriente primaria asignada y la carga de precisión.

Las clases de precisión normales de los transformadores de corriente se establecen en la cuadro 1.

Cuadro 1. Precisiones de los transformadores de corriente

NORMA	CLASE DE EXACTITUD ENPORCENTAJE NÚCLEOS DE MEDICIÓN
IEC	0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0
ANSI	0.1 - 0.3 - 0.6 - 1.2

Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

**Límite de error.** Es la desviación entre el valor dado por el transformador y el valor verdadero que debería entregar. Este error se da por el hecho de que la relación de transformación real difiere de la nominal tanto en magnitud como en ángulo. Para los transformadores de clases:

- 0.1
- 0.2
- 0.5
- 1

Un error de corriente y el desfase de la frecuencia asignada, no debe sobrepasar los valores del cuadro 2 cuando tenga una carga en el secundario y este comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión.

En todos los casos, la carga secundaria utilizada debe ser inductiva con un factor de potencia de 0,8; excepto cuando la carga sea inferior a 5 [VA], en cuyo caso, el factor de potencia será la unidad. En ningún caso, la carga será inferior a 1 [VA].

Cuadro 2. Límite de error para los transformadores de corriente

Clase de precisión	Error de intensidad en %, $\pm$ , para los valores de intensidad expresados en % de la intensidad asignada				Desfase, $\pm$ , para los valores de la intensidad expresados en % de la intensidad asignada							
					Minutos				Centirradiaes			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.5	0.24	0.15	0.15
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9
1	3	1.5	1	1	180	90	60	60	5.4	2.7	1.8	1.8

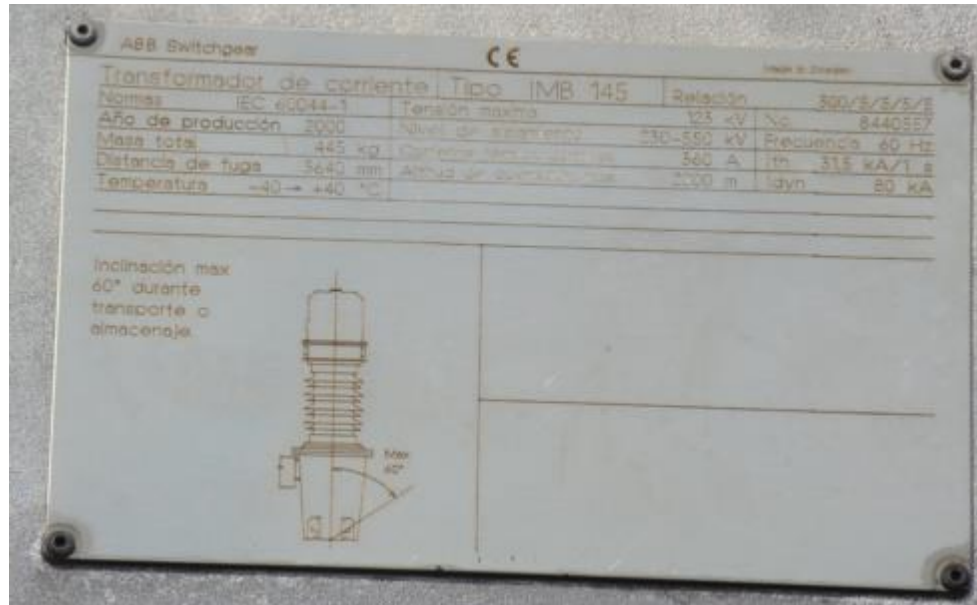
Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

- **Carga nominal o Burden de los CT's de medida.** En un transformador de corriente el burden nominal es correspondiente a la máxima carga permitida y no puede sobrepasar estos valores de error de acuerdo a la relación de transformación y ángulo dado por el fabricante.
- **Carga nominal o Burden de los CT's de protección.** Para los núcleos de medición el Burden es la capacidad del CT's para alimentar una carga secundaria, sin que entre en saturación.

#### 4.1.3.4 Características técnicas. En estas características se encuentran:

Corriente primaria asignada  
 Corriente secundaria asignada  
 Corriente de corto circuito térmica asignada  
 Corrientes asignadas de cortocircuito  
 Potencia de precisión  
 Límites de calentamiento  
 Niveles de aislamiento y tensión máxima que permite el equipo.  
 Frecuencia asignada  
 Clase de precisión

Figura 9. Placa de características, Transformadores de corriente CT's



Fuente: Fuente: Transformador de corriente. Disponible en:  
<https://www.google.com/search?q=partes+Transformador+de+corriente>.

**Nota aclaratoria:** Lo descrito en los párrafos anteriores nos ilustra el funcionamiento y las características básicas de los transformadores de corriente; 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 DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE SOPORTADO EN PLATAFORMA VIRTUAL". Sección transformadores de corriente. INSTRUCTIVO DE PRUEBAS A INTRANSFORMADORES DE CORRIENTE GP- I - 001.

## 4.2 ETAPA 2

Elaborar los protocolos y actividades para las pruebas a transformadores de corriente.

Actividades propuestas:

Consultar las referencias, normas utilizadas para pruebas de transformadores de corriente.

Determinar los equipos de pruebas disponibles para la realización de las pruebas a transformadores de corriente.

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 transformadores de corriente.** 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, parágrafo 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 parágrafo 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 transformadores de corriente 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, parágrafo b.

En la construcción del manual se tuvieron 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 manual.** El documento está centrado solo a las pruebas con equipos especializados a transformadores de corriente, 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 DE PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPOS DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE”.** 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 del manual de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente, 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 transformadores de corriente.** De acuerdo a 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 transformadores de corriente, 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 los tres elementos: Relés de sobrecorriente, transformadores, interruptores de potencia; esta selección se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. 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 transformadores de corriente seleccionados:**

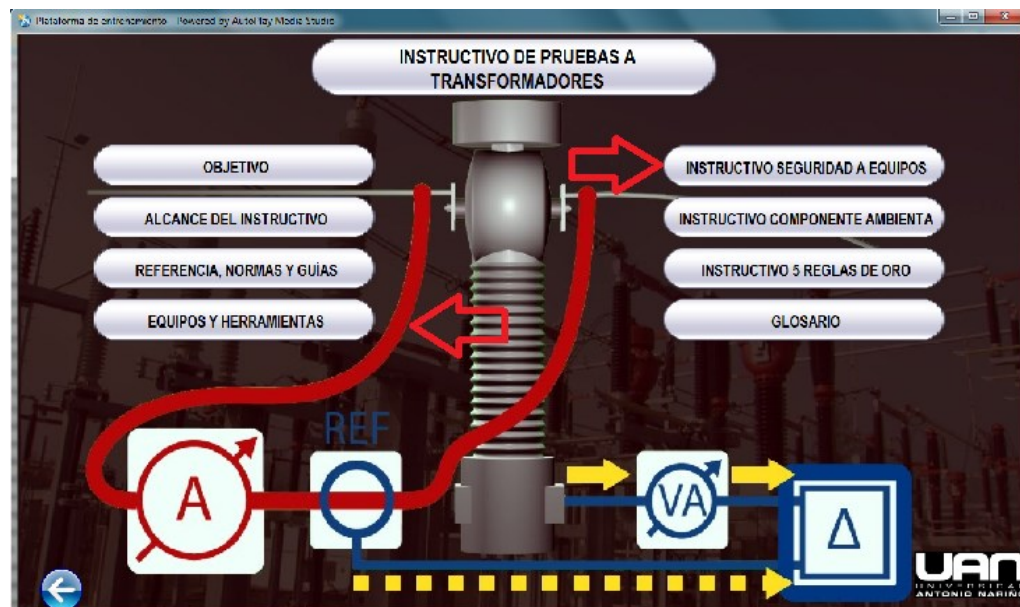
Estos equipos se seleccionan del cuadro 2 para el instructivo de pruebas transformadores de corriente.

Equipo de prueba multifuncional para pruebas primarias – CPC 100 – OMICRON-  
Equipo de prueba para factor de potencia – M4000 – DOBLE  
Mili-ohmímetro AEMC 5600-  
Transformer Resistance Meter WRM 10P – VANGUARD-  
Analizador de relación de transformación trifásico ATRT-03 – VANGUARD  
Equipo inyector corriente/voltaje SVERKER 750 - PROGRAMMA  
Medidor de resistencia de aislamiento – MIT-520 – MEGGER-  
Multímetro Fluke

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 transformadores de corriente, plataforma virtual



Fuente: Autor del proyecto.

**4.2.3. Elaboración del Instructivo.** Se inicia aclarando que en el objetivo general del proyecto 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 una cuadro con los códigos de cada instructivo y su aplicación.

Cuadro 4. 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 5. 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 transformadores de corriente GP-I-003.

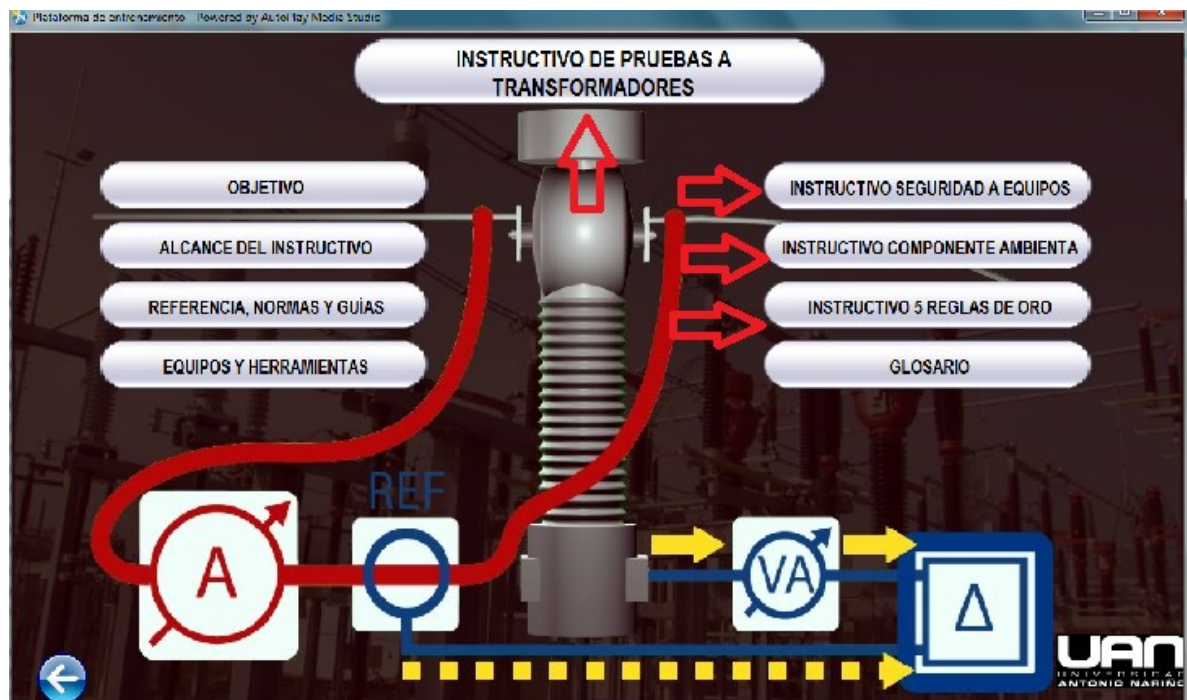
Instructivo de seguridad equipos de pruebas GS-I-001.

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 transformadores de corriente).

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



Fuente: Autor del proyecto.

### 4.3 ETAPA 3

Implementar el manual de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas en una plataforma virtual.

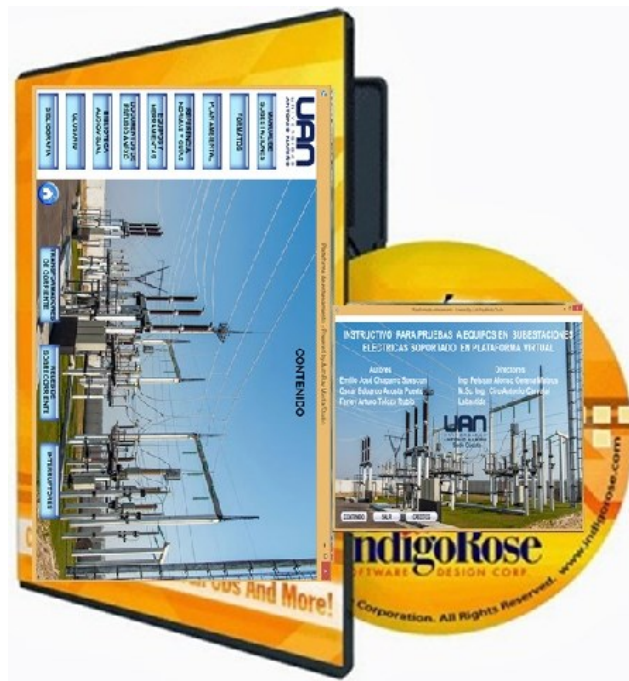
Actividades propuestas:

Seleccionar la plataforma virtual para la implementación del manual.

Implementar el manual 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



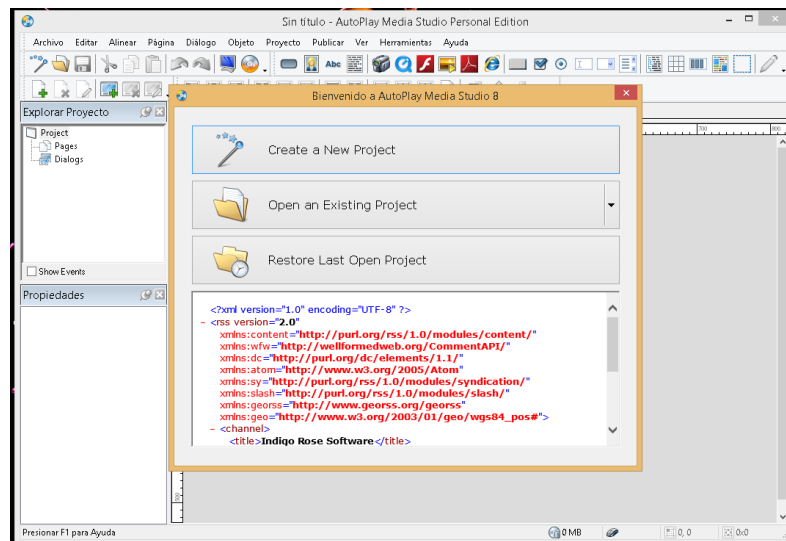


AutoPlay Media Studio es un programa que facilita el desarrollo de programas interactivos. La principal característica de este programa, es la facilidad de su uso, el cual se puede contener videos, imágenes, animaciones, etc. desde una sencilla interfaz.

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.

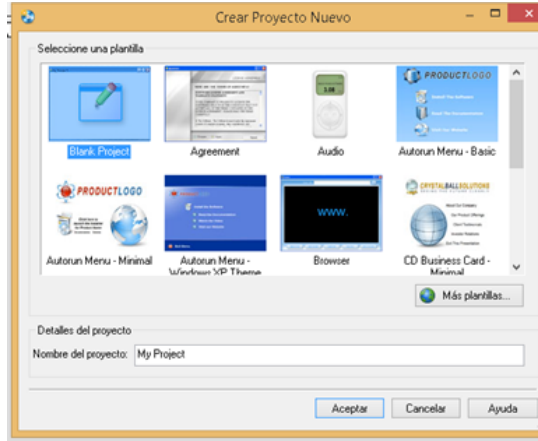
Figura 14. Plantilla 1



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.



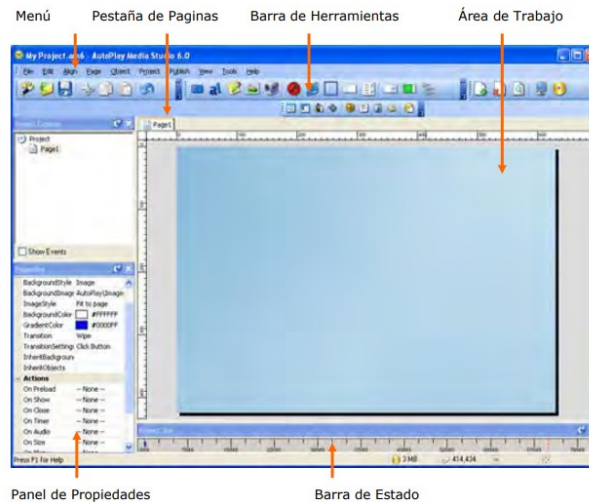
Figura 15. Plantilla 2



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.

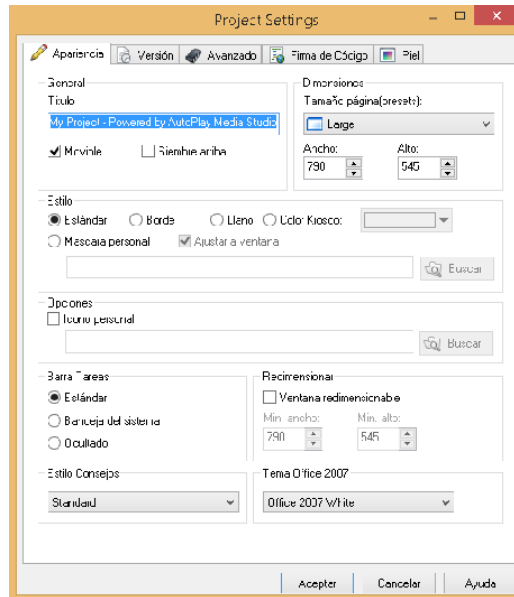
Debajo del menú está la barra de herramientas, esta barra se puede personalizar desde el Menú Herramientas / Personalizar.

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

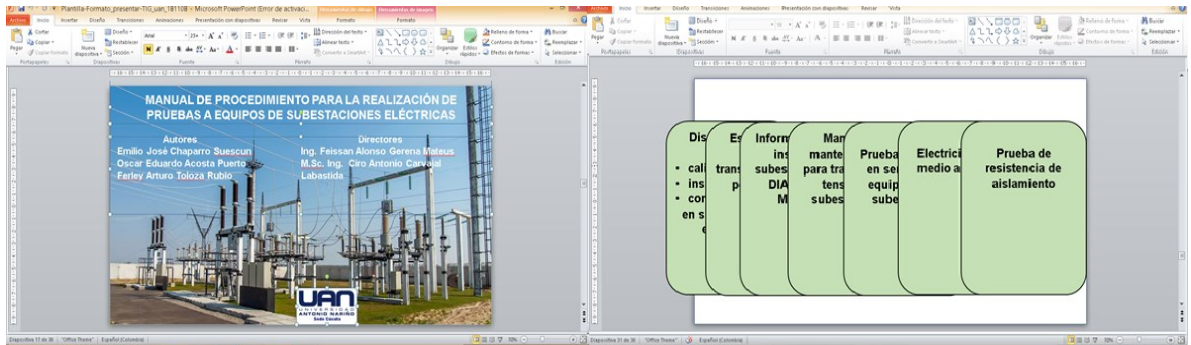


En esta ventana se puede modificar el título, la opción para que la ventana sea modificable, movable o siempre este adelante, las dimensiones de la página, estilo, el icono y la barra de tareas, etc. Una vez configurado estos datos del proyecto, comenzamos con su diseño.

### Inserción de imágenes:

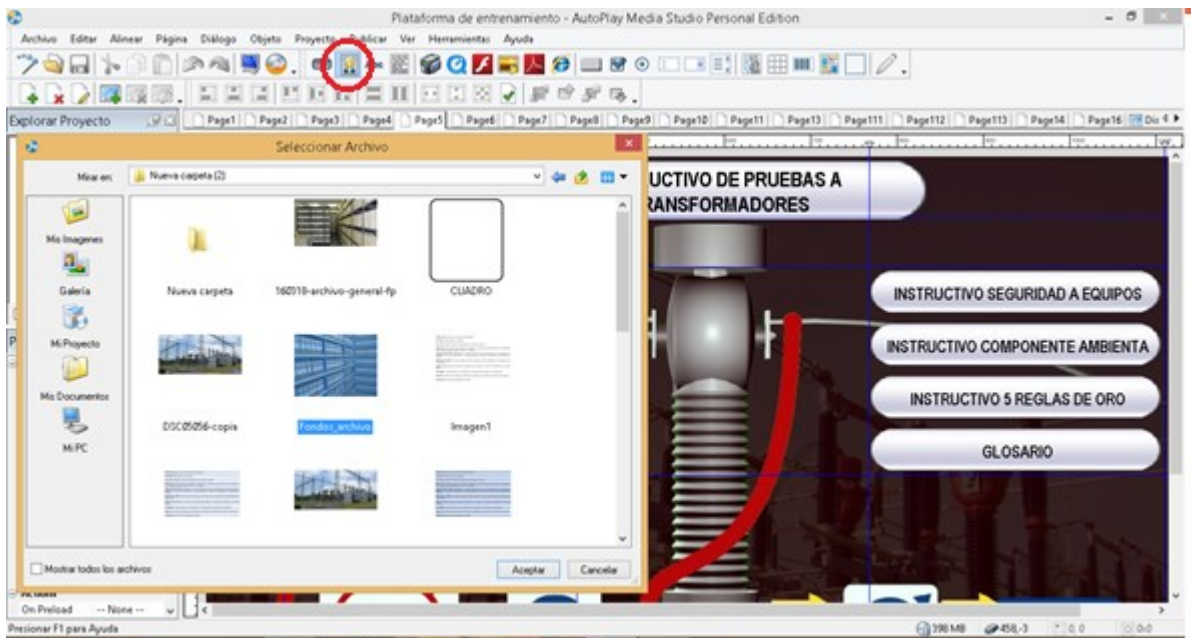
Al iniciar el proyecto procedemos a preparar las imágenes de la plataforma las cuales se pueden realizar en cualquier programa de diseño de imágenes o de internet en formato JPG O PNG.

Figura 18. Plantilla 4



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

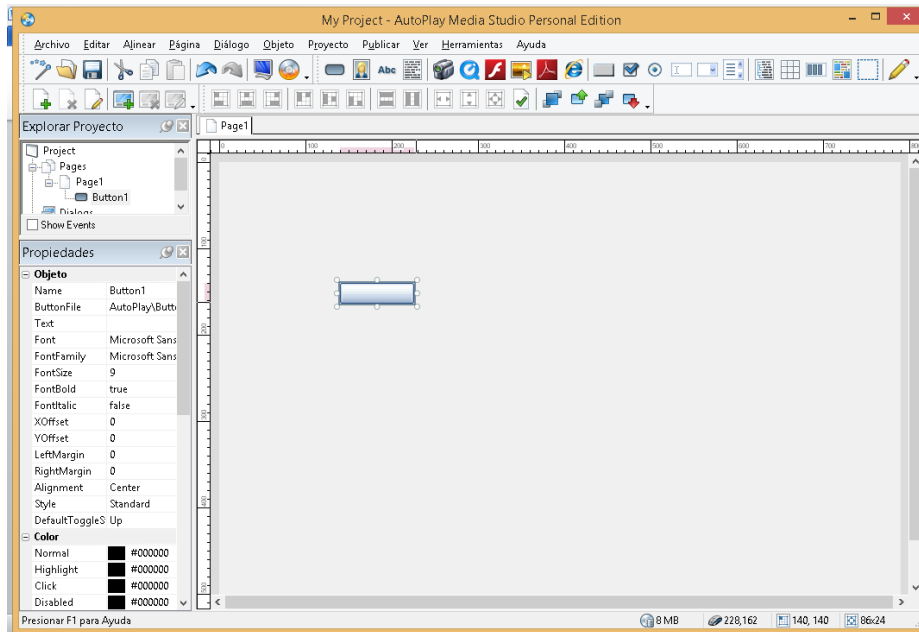
Figura 19. Plantilla 5



## 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



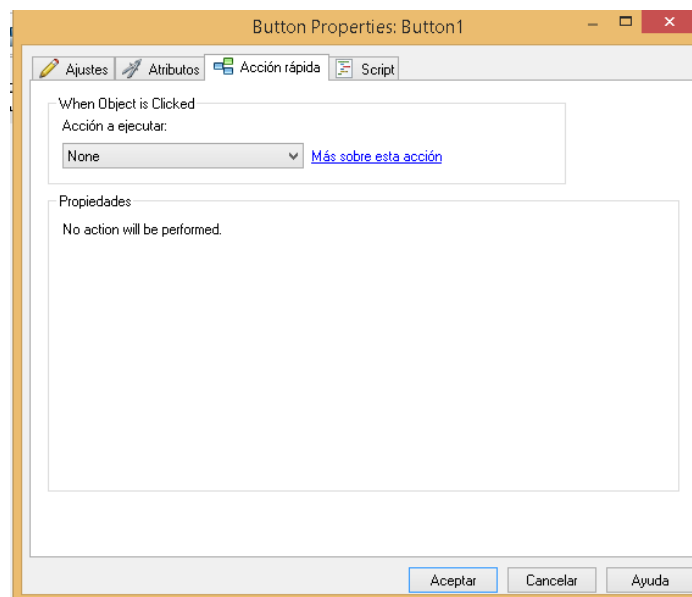
En el lado inferior izquierdo cuenta con diferentes tipos opciones como el de modificar el nombre del botón para identificar cada uno, la ruta del botón donde se encuentra el archivo almacenado y se puede elegir otro diferente seleccionando en los puntos que aparecen a un lado, el texto que aparece en 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.

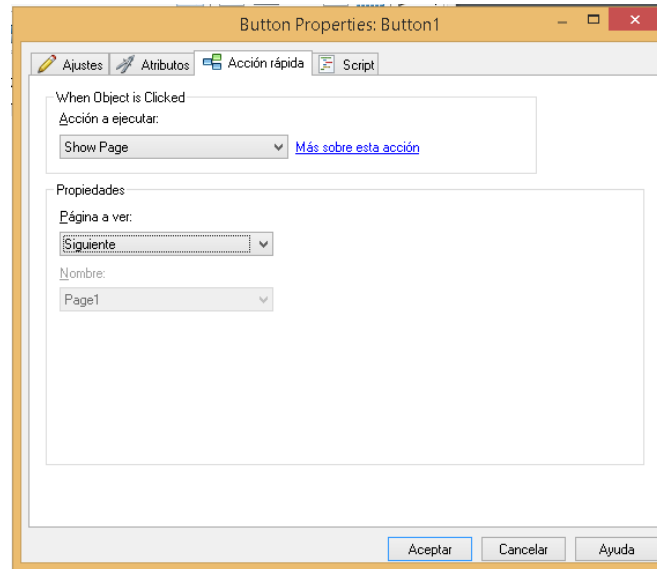
Una vez creado el botón se puede configurar las acciones a ejecutar con ese botón. Para ello con doble clic sobre el botón, o clic derecho y se elige propiedades, al seleccionar la pestaña de acción rápida.

Figura 21. Plantilla 7



Acá se encuentra dos opciones principales, la primera es una acción que ejecutará el botón al hacer clic sobre él botón 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

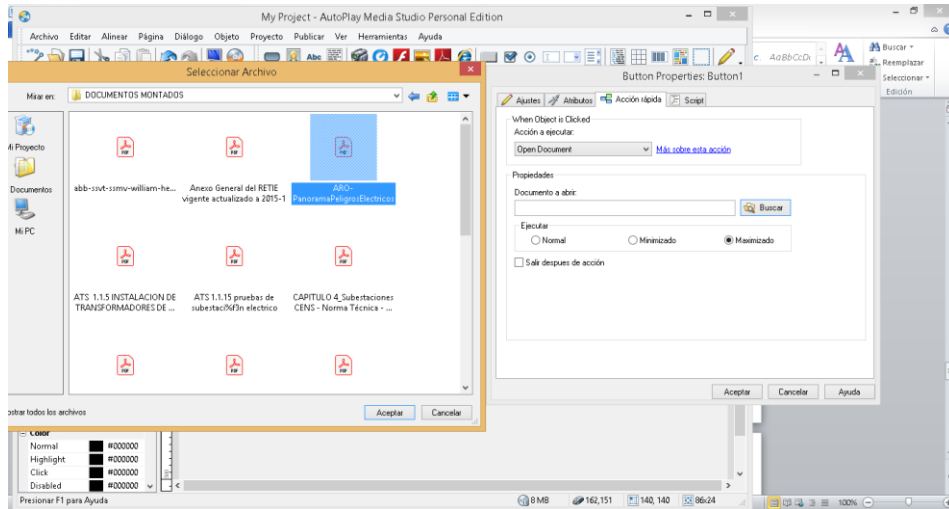


Dentro de las opciones hay varias opciones como página a mostrar, expondrá la primera página del proyecto, mostrar la página anterior o siguiente a la que se encuentra, mostrar la última página del proyecto, mostrar la última página visitada, según el historial de páginas visitadas del proyecto y trae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

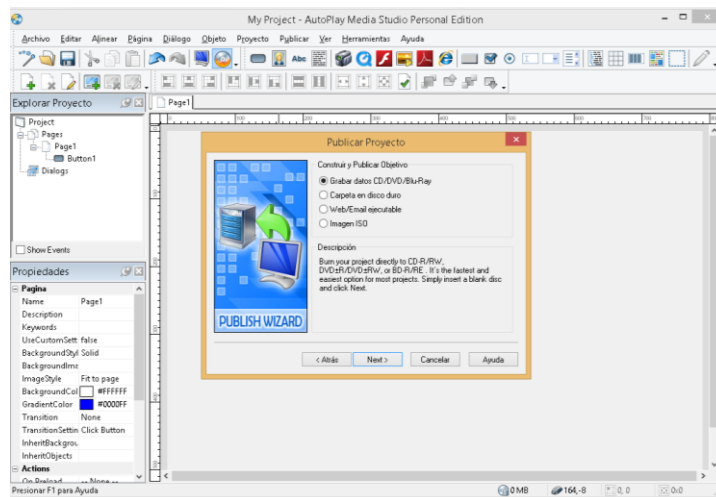
Figura 23. Plantilla 9



## Construir el ejecutable:

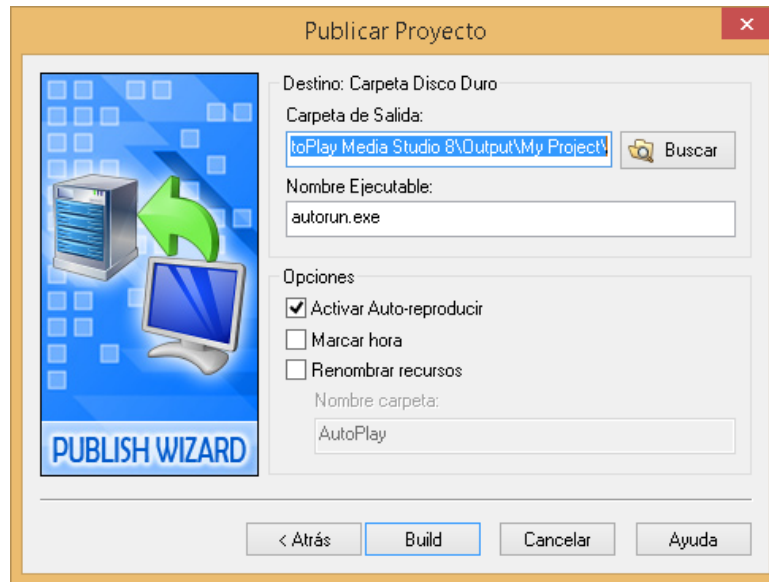
Al terminar las configuraciones se puede visualizar desde el botón para ver una vista anticipada del proyecto de la barra de herramientas y que no hay ningún error, luego es el momento de crear un archivo ejecutable, se selecciona en el botón de la barra de herramientas y luego aparece la siguiente ventana:

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.indigorse.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 6).



Cuadro 6. Presupuesto global del proyecto

<b>PRESUPUESTO</b>	
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
Plataforma Digital Virtual.	\$833.333
<b>TOTAL</b>	<b>\$833.333</b>
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
DESARROLLO DE DISEÑO TECNOLOGIA	\$ 1.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.000.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION (CIF)</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR</b>
LABORATORIOS UAN, BIBLIOTECA VIRUTAL	\$300.000
ACCESO A INTERNET	\$ 200.000
BIBLIOGRAFIA, CAPACITACION Y COSTOS DE IMPRESIÓN LIBROS Y DOCUMENTOS	\$1.500.000
<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 de grado me sirvió como base para el aprendizaje en cuanto al manejo técnico de seguridad personal y ambiental en una subestación y el conocimiento de pruebas y equipos especializados.

La elaboración del instructivo de pruebas de relés de sobrecorriente y su implementación en la plataforma digital, dejó conocimientos con respecto a las subestaciones eléctricas y la aplicación de formatos en los procedimientos de seguridad y salud en el trabajo.

## **6. RECOMENDACIONES**

Una recomendación especial es entender que la plataforma digital es una herramienta académica que se debe seguir alimentando; 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 de procedimiento para la realización de pruebas a equipos de subestaciones eléctricas transformadores de corriente, soportado en plataforma virtual**



Carpeta Plataforma virtual en el CD Anexo.

