



U
N
E
X
P
O

*UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICERRECTORADO BARQUISIMETO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*



Laboratorio de Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico

Autores:
Dra. Ing. Carmen Vásquez
Dra. Ing. Carolina Blanco
Br. Luis Felibert
Br. Anaisbi Villegas

Marzo, 2009

GENERALIDADES



La transmisión de grandes bloques de energía eléctrica desde lugares remotos ha creado la necesidad de incrementar continuamente las tensiones de transporte de los sistemas eléctricos, convirtiéndose la operación segura de los equipos integrantes (generadores, transformadores, interruptores, seccionadores, aisladores, líneas y otros) en un punto de vital importancia para garantizar la seguridad del suministro eléctrico. Esta operación depende en gran

medida de la integridad del aislamiento de sus equipos. Para determinar esta integridad y además conocer si el equipo cumple con los parámetros de diseño que establecen los fabricantes es necesario someterlos a pruebas de alta tensión.

Las pruebas de alta tensión consisten en la aplicación deliberada de una tensión superior a la nominal a un equipo, por un periodo de tiempo específico, con el objeto de determinar si su aislamiento es capaz de soportar o no dicha tensión. Las formas convencionales de tensiones de prueba que se usan en los Laboratorios de Alta Tensión se pueden clasificar en tres (3):



- Tensiones de corriente continua (CC).
- Tensiones de corriente alterna (CA) a frecuencia de potencia.
- Tensiones de impulso, las cuales se divide a su vez en dos (2) categorías:

- Tensiones de impulso tipo rayo para simular el efecto de las descargas eléctricas atmosféricas

- Tensiones de impulso tipo maniobra destinadas a simular el efecto de las sobretensiones internas debidas a la maniobra de los interruptores de potencia básicamente.



Con las fuentes de los Laboratorios de Alta Tensión se persigue el objetivo de disponer de tensiones de prueba controladas que sean capaces de simular tanto las condiciones normales de trabajo como las sobretensiones que puedan llegar a aparecer en los sistemas eléctricos.

El curso de **Técnicas de Alta Tensión** ha sido diseñado con el objetivo de relacionar al estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica con los sistemas de prueba utilizados en los Laboratorios de Alta Tensión. En estos se incluyen sistemas de alta tensión de alterna, directa, de ondas de impulso y otras instalaciones específicas de la especialidad. Este curso se inicia con elementos de poca complejidad y la exigencia se incrementa según los

estudiantes aumenten su familiarización con este tipo de instalaciones. Adicionalmente se incluyen los temas de Aislamiento Eléctrico, Pruebas y Ensayos y, finalmente, las nuevas técnicas de Mantenimiento, específicamente para equipos de alta tensión.

Las actividades de laboratorio están diseñadas con tres (3) partes fundamentales:

- El análisis de los conocimientos teóricos básicos que los estudiantes deben poseer sobre la actividad que se desarrollará en el Laboratorio.
- El desarrollo del trabajo en el Laboratorio a través de las actividades prácticas sobre los conocimientos de los equipos e instalaciones y finalidad de los mismos.
- El desarrollo de un Informe final sobre las actividades realizadas que incluya el análisis y la discusión de los resultados.

Cualquier tipo de prueba que involucre tensiones superiores a 1.000 V se considera de alto riesgo para los seres humanos, por este motivo en todas las instalaciones donde se realicen este tipo de experimentos se exige la presencia de elementos de protección y señalización y de normas de estricto cumplimiento para todas las personas que operen las instalaciones, independientemente de su grado de conocimiento.

En todas las instalaciones donde se realicen pruebas de alta tensión es imprescindible que existan todos los medios de protección que se consideren necesarios. A continuación se señalan algunos de mayor incidencia y que se consideran como generales para todas las instalaciones de este tipo:

- **Sistema de tierra único.** En todas las áreas de pruebas de altas tensiones debe existir un sistema de puesta a tierra único para todas las instalaciones, garantizando que en todos los casos la resistencia sea menor a dos (2) Ω .
- **Barras de tierra.** En todos los puntos de acceso a las áreas de pruebas de altas tensiones debe existir barras de conexión a tierra, las cuales estarán fijas al sistema de puesta a tierra a través de un conductor flexible de longitud adecuada. Como se muestra en la Figura.
- **Indicadores lumínicos.** En posiciones visibles deben existir indicadores luminosos rojos los cuales se iluminan cuando se activan los sistemas de seguridad.
- **Separadores de señalización.** Deben existir un conjunto de separadores físicos que se colocarán limitando el acceso a las áreas de peligro, restringida, zona de precaución y otros, según se requiera.
- **Sistemas de bloqueo.** Debe existir un sistema de interruptores de bloqueo ubicados en las puestas de acceso a las zonas de peligro, los cuales serán activados por el sistema de seguridad. Si las puertas no están cerradas el sistema de seguridad no se activará y las fuentes de tensión no podrán ser energizadas. Si una puerta se abre con la fuente energizada se interrumpe la prueba y la fuente automáticamente se desenergizará.



Figura. Barras de seguridad o pólita

- **Sistema de seguridad.** Debe existir un sistema de seguridad general, o por áreas, el cual bloquea la energización de cualquier fuente de tensión si el mismo no se encuentra activado.
- **Sistema de señalización audible.** Debe existir un sistema sonoro el cual deberá ser accionado cada vez que se inicie la energización de alguna fuente para que las personas que se encuentran en el área de prueba o cercana a la misma conozcan que se inicia la elevación de la tensión.
- **Elementos de desconexión.** Todas las fuentes deben presentar sistemas de protección por condiciones anormales, las cuales deben permanecer activadas siempre que se realice alguna prueba con dicha instalación.

Los sistemas señalados se consideran los mínimos indispensables. En determinadas instalaciones se exigen otros sistemas adicionales atendiendo el grado de peligrosidad de los mismos. Adicionalmente en todas las instalaciones de pruebas de alta tensión existen regulaciones de estricto cumplimiento que regulan el trabajo, la permanencia, la ejecución de las pruebas y la operación de las instalaciones. A continuación se señalan las regulaciones fundamentales y que a su vez son complementadas con otras especificaciones por áreas, según el usuario y el tipo de actividad.

- Las instalaciones de prueba sólo serán operadas por personal entrenado o especializado el cual deberá tener conocimiento de las instrucciones de operación, los manuales de procedimiento y los técnicos.
- Todo personal que realice alguna actividad permanente o en forma eventual en las áreas de ensayos con altas tensiones debe tener conocimiento de las normas de seguridad y deberá haber firmado el acta de conocimiento.
- Siempre que se realice cualquier tipo de actividad en el Laboratorio la misma deberá ser reflejada en el libro de trabajo.

- Para todas las actividades que se realicen se designará un responsable, el cual deberá controlar todo el trabajo y asignar las tareas que se consideren necesarias al resto del personal.
- Todo el personal que participe en la prueba está en la obligación de atacar las instrucciones del responsable de la actividad.



UNEXPO



PRÁCTICA DE LABORATORIO N°1 NORMAS DE SEGURIDAD DEL LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN

1. CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Efecto de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.
- Accidentes eléctricos (contactos directos e indirectos).
- Consecuencias las cuales pueden ocurrir al realizar una imprudencia.
- Tensiones de paso y de contacto.
- Requisitos generales de seguridad (método de los seis pasos).

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Identificar los riesgos que implica trabajar en el Laboratorio de Alta Tensión, el funcionamiento de sus sistemas de protección y seguridad y las características generales de funcionamiento de las fuentes de operación existentes.
- Identificar y diferenciar los sistemas de señalizaciones y enclavamientos presentes en el Laboratorio de Alta Tensión.
- Utilizar adecuadamente los sistemas de seguridad del Laboratorio de Alta Tensión.

3. ASPECTOS DE SEGURIDAD DEL LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN

3.1 Peligros de la Electricidad

Para entender procedimientos empleados en un buen programa de seguridad eléctrica se requiere el conocimiento de la naturaleza de los peligros de la electricidad. La mayoría de las personas están familiarizadas con el choque eléctrico. Esta experiencia es frecuentemente dolorosa y deja recuerdos indelebles en la mente humana. Sin embargo el choque eléctrico es solamente uno de los peligros de la electricidad existiendo, adicionalmente, el arco eléctrico y la explosión. La Tabla 1.1 muestra una descripción general de estos peligros.

Tabla 1.1. Peligros de la Electricidad

Choque eléctrico	El choque eléctrico es la estimulación física que ocurre cuando una corriente eléctrica circula a través del cuerpo. El efecto que tiene sobre el
-------------------------	---

	cuerpo humano depende de la magnitud del flujo de corriente, la parte del cuerpo a través de la cual la corriente fluye y, en general, de las condiciones físicas de las personas afectadas.
Arco eléctrico	El arco eléctrico ocurre cuando una cantidad apreciable de corriente fluye a través de lo que anteriormente había sido aire. Puesto que el aire no es conductor el flujo de corriente circula a través de los vapores del material de los terminales del arco y las partículas de aire ionizado. Esta mezcla de materiales a través del cual la corriente del arco fluye se conoce como plasma.
Explosión	La explosión ocurre cuando existe cierta sobrecarga en cualquier elemento del sistema eléctrico, trayendo como consecuencia pérdidas sustanciales en los equipos, tanto de medición como los sometidos a pruebas y ensayos. Se debe evitar al máximo este accidente debido a que las consecuencias que acarrea pueden ser severamente traumáticas para las personas que manejan los equipos ya que pueden ocasionar golpes y quemaduras.

3.2 Efectos de la Corriente Eléctrica en el Cuerpo Humano

Al hacer contacto una persona con un objeto energizado circulará por ella una corriente eléctrica, la cual se clasifica según su efecto:

- No perceptible.
- Perceptible o molesta.
- Peligrosa para la vida.

En resumen se puede plantear que los efectos más significativos son:



- Contracción espasmódica de los músculos.
- Parálisis respiratoria.
- Fibrilación ventricular.
- Fallo del corazón.
- Quemaduras.
- Daños al sistema nervioso.
- Hemorragias.
- Electrolisis de la sangre y otros.

3.3 Métodos y Procedimientos de Seguridad

La seguridad en un sistema eléctrico es en definitiva un problema de preocupación personal. En la mayoría de los accidentes eléctricos la víctima se considera el último

eslabón de la cadena, ya que el empleo de procedimientos y equipos de seguridad apropiados lo hubieran evitado. El equipamiento y los procedimientos pueden haber existido pero en última instancia es el operador o trabajador quien toma la decisión de usarlos o no. Los trabajadores deben estar conscientes que esta decisión final puede significar la vida o la muerte.

Los pasos que se señalan a continuación son todos individuales que deben ser seguidos por cada persona que trabaje en o en las proximidades de circuitos y conductores eléctricos energizados y comúnmente se le denomina **Método de seguridad de los seis (6) pasos**.

1. **Piense (esté consciente de lo que está haciendo)**. Muchos accidentes pudieran ser evitados si la víctima lesionada se hubiera concentrado en los aspectos de seguridad de su trabajo. Una manera fácil de sufrir un accidente es pensar en problemas mientras se trabaja próximo a conductores energizados. Siempre esté alerta a los peligros alrededor del área de trabajo.
2. **Entienda los procedimientos de trabajo**. Cada laboratorio, empresa o instalación eléctrica tiene definidos sus procedimientos de seguridad. Cada operador o trabajador debe estar completamente familiarizado con todos los procedimientos de seguridad que afectan su labor. El conocer los pasos requeridos y sus razones pueden salvar una vida.
3. **Siga los procedimientos**. En el pasado se han permitido la violación de los procedimientos de seguridad, tales acciones han probado ser costosas en término de sufrimiento humano y muertes. La violación de un procedimiento de seguridad sin una buena razón se convierte en un delito condenable.
4. **Utilice los equipos apropiados de seguridad**. Independientemente de lo meticoloso que puedan ser los operadores o trabajadores en algunas ocasiones los accidentes ocurren. Fallas en los equipos, desperfectos mecánicos, descargas eléctricas y otras causas pueden provocar choques eléctricos, arcos o explosiones. Cuando sea necesario trabajar próximos a conductores energizados, lo cual incrementa la posibilidad de un contacto accidental, debe utilizarse los equipos de seguridad apropiados. Recuerde que nada es más triste que un reporte de accidente se explique que la muerte o la lesión del trabajador se debieron a que no estaba usando el equipo de seguridad apropiado.
5. **Pregunte si usted no está seguro**. La ignorancia lesiona a muchas personas cada año. Nadie se lesiona por realizar una pregunta y, especialmente, si es está relacionada con la seguridad. Cualquiera que no esté seguro acerca de una situación particular debe sentirse animado a realizar preguntas, que deben ser respondidas inmediatamente y con la mayor amplitud posible por un personal calificado.
6. **No conteste si usted no sabe**. Nadie debe responder una pregunta si no está completamente seguro de la respuesta. Los que se autoproclaman expertos deben mantener sus opiniones para ellos mismos.

La responsabilidad de los trabajadores, la seguridad de la instalación, las prácticas seguras de trabajo y el entrenamiento del personal se combinan para crear un ambiente de seguridad del trabajo, que en definitiva debe ser el objetivo a lograr en cada instalación.

La persona más responsable de su propia seguridad personal es uno mismo. No existen regulaciones, reglas o procedimientos que puedan reemplazar la autodisciplina y el sentido común en su lugar de trabajo. La experiencia en la investigación de accidentes revela que el trabajador lesionado es el último eslabón de la cadena, ya que si éste hubiera estado usando los equipos de seguridad adecuados, o siguiendo los procedimientos apropiados, el éste nunca hubiera ocurrido. Esto NO puede interpretarse como que el empleador no tiene responsabilidades con los aspectos de seguridad del puesto de trabajo. El empleador tiene bastante responsabilidad en los aspectos de seguridad que deben cumplirse para que sus trabajadores no sufran accidentes.

3.4 Señales y Enclavamientos

Las señalizaciones se utilizan para identificar equipos que tiene alguna posibilidad de producir un accidente por su inadecuada manipulación. La Figura 1.1 muestra un ejemplo de señalizaciones. Éstas son de diseño único y tienen impreso de forma clara el aviso instruyendo al personal sobre la no operación del equipo. Los enclavamientos se implementan en los equipos de desenergización para evitar su operación accidental o no autorizada.

Las señalizaciones y enclavamiento normalmente se implementan juntos, sin embargo, circunstancias especiales pueden requerir señalizaciones sin enclavamientos y viceversa. No es necesario utilizarlos en los equipos que se conectan con cables y tomacorrientes, siempre que éstos estén bajo el control exclusivo del trabajador que está expuesto al riesgo eléctrico.

3.5 Enclavamientos sin Señalizaciones o Señalizaciones sin Enclavamientos.

Se pueden utilizar señalizaciones sin enclavamientos en las siguientes condiciones:

1. El dispositivo de interrupción que por diseño no acepta enclavamientos.
2. Cuando se emplea un medio de aislamiento extra para brindar un nivel adicional de protección. Este aislamiento extra pudiera ser la apertura adicional del circuito (retirar un fusible) o la colocación de tierras de seguridad que proporcionen un área de trabajo equipotencial.

Se pueden utilizar enclavamientos sin señalizaciones en las siguientes condiciones:

1. La desenergización está limitada a sólo un circuito o equipo.
2. El enclavamiento permanece sólo el tiempo que el operador o trabajador que lo colocó esta en el lugar o área inmediata.

Cuando se termina un trabajo y un trabajador está listo para retirar sus enclavamientos y señalizaciones deben realizar las siguientes acciones:

- Inspeccionar el área de trabajo para asegurarse que no faltó nada por hacer y que todos los componentes operacionales están intactos.
- Inspeccionar el área de trabajo para asegurarse que todos los trabajadores se encuentran en posiciones seguras.
- Retirar cualquier equipamiento especializado (tierra de seguridad y otras).

- Avisar a todos los trabajadores afectados que los enclavamientos y señalizaciones deben ser retirados por el personal que los colocó.

3.6 Barreras y Señales de Alerta

Para el control de entrada en las áreas de trabajo donde haya conductores energizados expuestos se deben colocar barreras y señales de alerta. La instalación de estos medios variará en dependencia de las características del área de trabajo. Los criterios generales a aplicar son los siguientes:

- Las señales deben ser llamativas, fácil de leer y deben ubicarse en las entradas del área de trabajo. Las señales deben alertar de forma clara de los peligros o de condición energizada.
- Las barreras deben ser claramente visibles y estar en una cierta altura de manera que forme una barricada efectiva, alrededor de un (1) metro es un buen punto de comienzo. El ajuste de la altura depende de las características particulares de la instalación.
- Las barreras deben colocarse de manera que enciendan completamente el área peligrosa o el área donde se va a trabajar.
- Las barreras deben colocarse de manera que se garantice la distancia mínima de aproximación entre la zona peligrosa y el personal en el lado exterior de la barrera.
- Si se van a utilizar equipos de prueba en elementos ubicados dentro del área, la barrera, de ser posible debe colocarse de manera que el equipo se pueda operar desde afuera del área.
- Utilice un (1) tipo y color de cintas en las barreras de peligro y otro en las barreras de áreas de trabajo. Ninguna de estas cintas deben ser empleadas en otras aplicaciones. Estas barreras se consideran acceso prohibido o limitado en las áreas de trabajo.
- Después que se han eliminado los peligros o terminado el trabajo retire la barrera.

3.7 Revisión de Seguridad de un (1) Minuto

La falta de atención es la causa más frecuente de todos los accidentes. Los trabajadores distraídos por problemas generalmente no se percatan de señales inminentes de peligro. Para asegurarse de que los trabajadores estén constantemente conscientes de los peligros potenciales, los pasos listados a continuación deben ser cumplidos por cada persona que entra en un área donde pudiera presentarse cualquiera de los riesgos eléctricos.

TIPOS	PROHIBICION	OBLIGACION	ADVERTENCIA	SALVAMENTO/SOCORRO
SIGNIFICADO	Lo que NO se debe hacer	Lo que se debe hacer	Precaución. Delimitación de zonas peligrosas.	Emplazamiento de primeros auxilios. Señalización de vías de evacuación.
FORMA Y COLOR	CORONA CIRCULAR CON BANDA OBLICUA DIAMETRAL ROJO	CIRCULO CON CIRCUNFERENCIA EXTERNA CONCENTRICA AZUL	TRIANGULO EQUILATERO BORDES NEGROS FONDO AMARILLO	CUADRADO RECTANGULO VERDE
SIMBOLOS: Colocados en el interior de las figuras de seguridad. Según R.D. - 485/1997	Prohibido fumar Prohibido fumar y encender fuego Prohibido el paso a los peatones Prohibido apagar con agua Agua no potable Entrada prohibida a personas no autorizadas Prohibido a los vehículos de mantenimiento No tocar	Protección obligatoria de la vista Protección obligatoria de la cabeza Protección obligatoria del oído Protección obligatoria de las vías respiratorias Protección obligatoria de los pies Protección obligatoria de las manos Protección obligatoria del cuerpo Protección obligatoria de la cara Protección individual obligatoria contra caídas Vía obligatoria para peatones Obligación general (acompañada, si procede, de una señal adicional)	Materias inflamables Materias explosivas Materias tóxicas Materias corrosivas Materias radiactivas Cargas suspendidas Vehículos de mantenimiento Riesgo eléctrico Peligro en general Radiaciones láser Materias comburentes Radiaciones no ionizantes Campo magnético intenso Riesgo de tropezar Caída a distinto nivel Riesgo biológico Baja temperatura *Materias nocivas o irritantes	Vía/salida de socorro Teléfono de salvamento Dirección que debe seguirse (Señal indicativa adicional a las siguientes) Primeros auxilios Camilla Ducha de seguridad Lavado de los ojos
	SEÑALES RELATIVAS A LOS EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS Manguera para incendios Escalera de mano Extintor Teléfono para la lucha contra incendios Dirección que debe seguirse (Señal indicativa adicional a las anteriores)			

Figura 1.1. Señalizaciones típicas para sistemas con riesgos eléctricos.

1. Notifique al responsable del personal de su presencia en el área.
2. Escuche si hay ruidos altos o anormales y olfatee olores inusuales.
3. Localice todas las salidas de emergencia y rutas de evacuación.
4. Localice todas las alarmas de fuego y teléfonos.
5. Inspeccione los parámetros indicadores del estado de los transformadores como nivel de aceite, temperatura, presión, y otros y compruebe que están dentro de los límites aceptables.
6. Localice el diagrama unifilar de la estación y asegúrese que está legible y actualizado.
7. Asegúrese que la instalación está limpia y ordenada. Generalmente, las instalaciones eléctricas no deben ser utilizadas como almacén de equipos.
8. Asegúrese que todo el equipamiento de seguridad esté disponible y al alcance de la mano.
9. Compruebe que ninguna de las banderas de los relés de protección y otros indicadores estén disparadas.

3.8 Normas de Seguridad a Cumplir en el Laboratorio de Alta Tensión

Debido al riesgo que implica el trabajo en las instalaciones del Laboratorio de Alta Tensión es necesario que existan normas de seguridad que se consideran de estricto cumplimiento. Estas Normas se listan a continuación:

1. Para energizar cualquier instalación de prueba deben permanecer en el área como mínimo dos (2) personas autorizadas.
2. Está prohibido cancelar o bloquear la operación de cualquier sistema de seguridad, protección y alarmas existentes.
3. Por ninguna razón se debe permanecer en las áreas de ensayo cuando está energizada alguna de las instalaciones.
4. Siempre que se aproxime al área donde se haya realizado un ensayo el responsable de la pértiga la colocará en la fuente con la barra de emergencia a tierra y luego permitirá el acceso al resto del personal.
5. Para iniciar cualquier ensayo se deben cumplir los siguientes pasos:
 - a. Revisar cuidadosamente las conexiones del sistema de tierra incluidas las barras de conexión a tierra.
 - b. Situar en la posición correcta los separadores e indicadores.
 - c. Revisar el cumplimiento de las distancias mínimas previstas para el ensayo.
 - d. Revisar el funcionamiento de los sistemas de seguridad y protección.
 - e. Activar la alarma sonora que indica que se inicia el ensayo.

6. Siempre que no se ejecuten los ensayos las fuentes permanecerán cortocircuitadas por las barras de tierra.
7. El acceso a los controles será realizado por una sola persona.
8. Todos los puntos o elementos donde exista la posibilidad de contacto eléctrico estarán debidamente señalizados.
9. Está prohibido entrar en las áreas de ensayo sin conocer la forma de operación de las instalaciones.

3.9 Primeros Auxilios

Si a pesar de haberse adoptado todo tipo de medidas posibles, a fin de evitar o disminuir los riesgos en un determinado entorno de trabajo, el accidente se produce, tenemos que estar preparados para afrontarlo de la mejor manera posible. En tal sentido todos debemos tener la preparación mínima necesaria para prestar los primeros auxilios a la persona accidentada.

En procedimiento general a seguir ante una emergencia se puede resumir, para una rápida memorización, en tres (3) letras PAS. Estas siglas significan *Proteger, Avisar y Socorrer*, la Tabla 1.2 muestra la definición de cada una.

Tabla 1.2. PAS

<i>Proteger</i>	Antes de actuar debemos tener la seguridad que tanto el accidentado como nosotros mismos estamos fuera de todo peligro. Por ejemplo, ante un accidentado por choques eléctricos no intentar su reanimación hasta comprobar que este no se encuentra en contacto con un conductor o masa a tensión.
<i>Avisar</i>	A continuación siempre que sea posible daremos aviso a Emergencias (bomberos, médicos, ambulancias y otros). Inmediatamente después, en espera de ayuda, podemos empezar a socorrer al accidentado.
<i>Socorrer</i>	Una vez que hemos protegido y avisado procederemos a actuar sobre el accidentado, reconociendo sus signos vitales siempre por el siguiente orden: la conciencia, la respiración y el pulso.

3.10 Equipamiento del Laboratorio de Alta Tensión

Cualquier instalación destinada a la generación, transporte y distribución de energía eléctrica cuya tensión nominal sea superior a los 1.000 V se denomina de Alta Tensión. Estos sistemas utilizan materiales aislantes diversos que deben soportar distintos esfuerzos climáticos, térmicos, mecánicos y eléctricos durante su vida útil con una probabilidad de falla admisible. Un Laboratorio de Alta Tensión debe poseer una serie de fuentes de prueba que deben generar un conjunto de tensiones normalizadas que sean capaces de reproducir los mismos esfuerzos a los que se ven sometidos estos materiales y así verificar la

soportabilidad y calidad de los mismos. Los estudios de Coordinación de Aislamiento y las normas de pruebas determinan el conjunto de estas tensiones que deben ser utilizadas en las condiciones de ensayo.

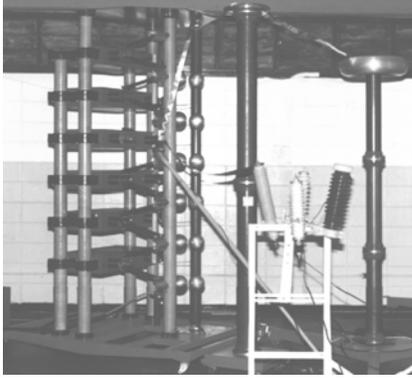
El Laboratorio de Alta Tensión Convenio UNEXPO-ULA se encuentra ubicado en la ciudad de Barquisimeto, dentro de las instalaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UNEXPO. Fue inaugurado oficialmente el 21 de Julio de 1.994 como resultado de un Convenio de Cooperación Institucional suscrito entre la Universidad de Los Andes (ULA) y la UNEXPO. Desde sus inicios el objetivo de este Laboratorio ha sido el desarrollo de trabajos de investigación científica y tecnológica que sirvan de apoyo didáctico y para el desarrollo académico de la carrera de Ingeniería Eléctrica y para los cursos de postgrado, la asistencia y asesoramiento a la industria en la caracterización de los materiales aislantes y el control de la calidad de los procesos de producción y construcción de equipos de alta tensión.

El Laboratorio de Alta Tensión UNEXPO-ULA está conformado por: Fuentes de Prueba de Corriente Alterna, de Corriente Directa y de Impulso tipo Rayo, Espinterómetros de diversos diámetros y configuraciones, equipos y divisores capacitivos y resistivos para la medición, osciloscopios de altas velocidad de muestreo, cámara de niebla limpia y otros elementos, que permiten reproducir las principales ondas de tensión y condiciones para pruebas a equipos eléctricos. Básicamente las fuentes de prueba tienen la siguiente descripción y objeto de funcionamiento:



Fuente de Prueba de Corriente Alterna de 400 kV: Esta fuente tiene como objeto probar los equipos a la frecuencia de potencia o de 60 Hz. Sus características técnicas son: tensión y corriente de salida entre 0 y 400 kV y 30 mA, respectivamente, modelo del fabricante 7400-200, marca HIPOTRONICS. Se pueden asociar a esta fuente una cámara de niebla limpia para las pruebas de contaminación y un equipo detector de descargas parciales. Está constituida básicamente por un autotransformador, para el ajuste de la tensión de prueba, y un transformador elevador (de 6 m de altura, aproximadamente) de relación 1:1.000 V.

Fuente de Prueba de Corriente Continua de 300 kV: Esta fuente tiene como objeto probar los equipos, que por sus altas capacidades reactivas o capacitivas, no pueden ser ensayados a la frecuencia de potencia. Sus características técnicas son: tensión y corriente de salida entre 0 y 300 kV y 20 mA, respectivamente, modelo del fabricante 2300R-20, marca HIPOTRONICS. Está constituida básicamente por un transformador elevador y un sistema de rectificación en alta tensión, todo ello encapsulado en una cámara de aceite, con una altura aproximada de 3 m.



Fuente de Prueba de Impulso tipo rayo de 600 kV: Esta fuente tiene como objeto probar equipos ante las sobretensiones transitorias producidas por los impactos directos o cercanos de las descargas atmosféricas. Estas sobretensiones se caracterizan por ondas viajeras de tensión con un frente de onda de pendiente rápida que suben bruscamente a su valor pico o máximo para luego descender muy lentamente a cero. La forma de onda normalizada por la IEC 60060-1 es de 1,2 μ s para alcanzar su valor pico y 50 μ s para descender al 50% de este valor, especificada como una onda típica de rayo de

1,2/50 μ s. Sus características técnicas son 600 kV de tensión de salida, modelo según fabricante IG600-15, marca HIPOTRONICS. Está constituido por una fuente de corriente continua de 100 kV, seis (6) juegos de condensadores de 25 nF, resistencia de frente y cola de 500 y 200 Ω , respectivamente, y espinterómetros para la formación del frente y cola de la onda de impulso y un sistema de trigratrón para producir el inicio manual de la onda. Adicionalmente se le asocia un osciloscopio con memoria de frecuencia 400 MSA/s para la calibración de la onda y su registro en el momento de efectuarse las pruebas.

4. ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN

Esta primera práctica de Laboratorio tiene como objetivo que el estudiante conozca el sistema de seguridad y las instalaciones del mismo. En tal sentido el estudiante debe identificar:

1. Las señalizaciones presentes en el Laboratorio de Alta Tensión y sus tipos.
2. Los enclavamientos presentes en el Laboratorio de Alta Tensión y sus tipos.
3. La fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna.
4. El sistema de control y protección de la fuente de prueba de alta tensión de corriente alterna.
5. La fuente de prueba de alta tensión de corriente continúa.
6. El sistema de control y protección de la fuente de prueba de alta tensión de corriente continúa.
La fuente de prueba de alta tensión de corriente continúa.
7. La fuente de prueba de alta tensión de ondas de impulso tipo rayo.
8. El sistema de control y protección de la fuente de prueba de alta tensión de ondas de impulso tipo rayo.
9. Red equipotencial y sistema de puesta a tierra.
10. Pértigas
11. Interruptores de emergencia, extintor y caseta de alimentación.
12. Normas de seguridad del Laboratorio de Alta Tensión.

5. PRESENTACIÓN DEL INFORME

El informe será presentado según el instructivo que se muestra a continuación, por cada grupo no mayor a tres (3) integrantes y deberá contener siempre:



- Lista y Figuras de los sistemas de seguridad encontrados en el Laboratorio.
- Respuestas del siguiente cuestionario.

Instructivo para la Elaboración de los Informes

La redacción del informe debe realizarse en español o inglés. Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto *Microsoft Word* y almacenado con el número de la práctica, del grupo y del semestre, entre paréntesis, como se indica en la Figura 1. El tipo de letra será *Time New Roman*, tamaño 12 o equivalente, con interlineado sencillo y espacio posterior entre párrafos de 12 pto. Las hojas serán del tamaño carta con márgenes de superior, inferior e izquierdo de 2,5 cm y el derecho de 1,5 cm. Todas las hojas serán enumeradas, excepto la portada, en su margen superior izquierdo.

Las tablas y las figuras se deben enumerar consecutivamente en número arábigos. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posibles a su referencia en el texto, con su respectiva leyenda, en la parte superior, si es una tabla, e inferior, en el caso de las figuras. Todas las ecuaciones deben estar enumeradas consecutivamente con número arábigos, colocada entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Los subíndices y supraíndices deben estar bien ubicados. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal.

practical_grupo1(20092). doc

Figura 1. Nombre de los archivos del los informes

El informe tendrá una extensión máxima es de 10 páginas y será aceptado en formato electrónico. Éste debe ser enviado al correo cvasquez@unexpo.edu.ve, a más tardar una (1) semana después de la elaboración de la práctica. El orden a seguir en el informe es: portada, introducción, objetivos de las prácticas, metodología o pasos realizados, resultados, análisis de resultados, respuesta al cuestionario, conclusiones y referencias bibliográficas.

La portada debe contener: membrete de la UNEXPO, el título de la práctica, el nombre completo de los autores, su expediente y número de cédula de identidad y la fecha de elaboración de la práctica.

1. En la introducción se presentan un resumen del estudio que se realiza en la práctica, su importancia y sus posibles aplicaciones a futuro. Finalmente se hace mención del contenido del informe.

2. Los objetivos de la práctica son los propósitos que se han propuesto para, serán tomados de la práctica entregado por el profesor.
3. En la Metodología se describen los métodos y materiales utilizados y se explica como se realizó la práctica.
4. En los resultados se muestra la información y los hallazgos de las prácticas de laboratorio en forma lógica. Se deben presentar en forma tabulada.
5. En el análisis de Resultados se examinan y contrastan los resultados con las bases teóricas para presentar los argumentos que justifiquen o no los resultados del estudio. Se recomienda la información presentadas en las tablas en el ítem anterior mostrarlos en Diagrama de Pareto, de Causa-Efecto, Hoja de verificación, Histogramas, Lista de Comprobación, Gráficas de Cantidad y otros que considere adecuado el grupo de trabajo.
6. En las prácticas aparecerán un cuestionario sobre las actividades realizadas las cuales deben aparecer con sus respuestas en esta sección del informe.
7. En las conclusiones se presentan un resumen, sin argumentos, de las conclusiones extraídas de la práctica que están directamente relacionadas con los objetivos establecidos para la misma.
8. Las referencias deben ser citadas y numeradas en el texto, con número arábigos entre corchetes, en orden de aparición, según el formato establecido en la norma ISO 690 y ISO 690-2, Manual Para Redactar Citas Bibliográficas. Al final del informe se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

- a. Libro: Autor (es) (Apellido e inicial del nombre), título del libro, número o tomo del volumen (si hubiera más de uno), número de la edición (a partir de la 2da), lugar de la edición, editorial, año de publicación, número de páginas. Por ejemplo:

Serna, H. Índices de Gestión. Cómo Diseñar un Sistema Integral de medición de gestión. 2da Edición. Bogotá, Colombia. 3R Editores. 2005. Pp 55-69.

- b. Artículos de revistas: Autor (es) (Apellido e inicial del nombre), título del artículo, nombre de la revista (en cursivas), número del volumen, número de del ejemplar, fecha de publicación, números de páginas. Por ejemplo:

Xingliang J, Jihe Y, Lichun S, Zhijin Z, Jianlin H, and Feng M. Comparison of DC Pollution Flashover Performances of Various Types of Porcelain, Glass and Composite Insulators. *IEEE Transactions on Power Delivery*, VOL. 23, No. 2, APRIL 2008. Pp: 1183-1190.

- c. Trabajos presentados en eventos científicos: Autor (es) (Apellido e inicial del nombre), título del artículo, nombre del evento, organizador del evento, lugar y fecha del evento, números de páginas. Por ejemplo:

Vásquez C, Osal W y Blanco M. Monitoreo del contenido armónico de un sistema eléctrico de transmisión de 115 kV. VIII Jornadas Latinoamericanas y V Iberoamericanas en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico ALTAE 2007. IIE. Cuernavaca, México. Noviembre, 2007. Pp 5.

6. CUESTIONARIO

- ¿Qué importancia tienen los sistemas de seguridad en el Laboratorio de Alta Tensión?
- ¿Indique cuales son los parámetros que pueden determinar las magnitudes de la corriente que puede llegar a circular por el cuerpo humano?
- ¿Nombre y defina los sistemas de seguridad, enclavamientos y señalizaciones existentes en el Laboratorio?
- ¿Describa el sistema de puesta a tierra del Laboratorio e indique que tan importante es para la seguridad?
- ¿Cree usted que el sistema de control disponible en el Laboratorio es importante para la protección y seguridad humana?
- ¿Indique las características de cada fuente existentes en el Laboratorio?
- ¿Defina tensión de paso y de contacto?
- ¿Qué efectos tiene la Electrolisis en la sangre? ¿Qué acciones debo seguir si se produce este efecto químico?

BIBLIOGRAFÍA

- Almirall, J. (2002). *Técnica de alto voltaje*. Ediciones. ISPJAE. Cuba. Disponible en formato digital.
- Casas, F. (2008). *Tierras Soporte de la Seguridad Eléctrica*. 4ta Edición. ICONTEC. Colombia.
- Díaz, P. (2007). *Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución*. Mc Graw Hill. México.
- Martínez, J. (2008). *Coordinación de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión*. Mc Graw Hill. España.
- Muñoz, J. (2000). *Sistemas de Seguridad*. Paraninfo Thomson Editores. España.
- Navarro, J., Montañés, A. y Santillán, Á. (1999). *Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión. Sistemas de maniobra, medida y protección*. Paraninfo. España.
- Porra, A y Guerrero A. (2006). *Riesgo Eléctrico*. Creaciones Copyright. España.

- Roldan, J. (2003). *Seguridad en las Instalaciones Eléctricas*. Thomson Paraninfo. España.
- Ryan, H. (2001). *High Voltage Engineering and Testing*. 2nd Edition. IEE Power and Energy Series 32. United Kingdom.
- Sigert, L. (1996). *Alta Tensión y Sistemas de Transmisión*. Editorial Limusa. Venezuela.
- Visacro, S. (2002). *Aterramentos Eléctricos. Conceitos Básicos, Técnica de Medição e instrumentação. Filosofias de Aterramentos*. Artliber Editora. Brasil. En portugués.

PÁGINAS WEB DE CONSULTA

<http://www.hipotronics.com/>

<http://www.haefely.com/>

<http://www.procobre.org/procobre/documentos.html>