



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



U
N
E
X
P
O

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



PRÁCTICA DE LABORATORIO No 4

DESCARGAS PARCIALES: EFECTO CORONA Y DESCARGAS SUPERFICIALES



RECUERDE CUMPLIR LAS NORMAS DE SEGURIDAD

1. CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Conocimiento de Efecto Corona.
- Conocimiento de Descargas superficiales.
- Análisis teórico del fenómeno de las descargas superficiales en los aisladores contaminados.

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Determinar la tensión de descarga disruptiva de aisladores limpio y seco, limpio y húmedo, contaminado y seco y, finalmente, contaminado y húmedo.
- Comparar la tensión de la descarga disruptivas en aisladores limpios y contaminado en condiciones secas y húmedas.

3. DESCARGAS SUPERFICIALES EN AISLADORES

Las fallas del aislamiento debido a la contaminación se deben al desarrollo de altos gradientes de tensión sobre la superficie de los aisladores a causa de la formación de las bandas secas y al establecimiento de descargas eléctricas a través de ellas. Independientemente de la condición de contaminación existente, para que se produzca una descarga total existen una serie de requisitos mínimos a cumplirse:

1. Formación de la capa de contaminante.
2. Humedecimiento de la capa de contaminante y aumento de su conductividad y de la corriente de filtración.

3. Secado de la capa de contaminante en las regiones de mayor densidad de corriente. Formación de las bandas secas.
4. Descarga a través de las bandas secas y crecimiento de las mismas.
5. Descarga total.

Las características físicas sobre la superficie de los aisladores sometidos a los efectos de la contaminación se producen tres tipos diferentes de descargas eléctricas: descarga tipo arco, descarga incandescente (*glow*) y descarga por efluvios (*streamer*).

Descarga tipo arco. Una vez humedecido el contaminante y antes de la formación de las bandas secas la corriente mantiene su forma sinusoidal tal como se muestra en la Fig.4.1 (a). Después de formadas las bandas secas, e iniciado el proceso de descargas a través de ella, la corriente sufre bruscas variaciones en su magnitud y en su forma de onda. Como se puede observar en la Fig. 4.1(b), la corriente pierde su continuidad apareciendo períodos finitos de corriente cero (0). La descarga observada en este estado es la característica de los arcos, lo que se comprueba por su característica U-I negativa y por su intensidad luminosa que permite su fácil reconocimiento. El proceso inicial de la descarga comienza sin prácticamente ningún proceso previo de ionización, estando determinado básicamente por la ruptura dieléctrica del aire producido por las altas y bruscas concentraciones de campo aplicadas a las bandas secas. Bajo las condiciones iniciales los pasos altamente ionizados por las descargas precedentes aseguran una rápida reignición cada medio ciclo, siendo los períodos de corriente cero (0) menores de dos (2) ms. Como el proceso de secado sobre los aisladores continúa, el incremento en la resistencia hace que los picos de corriente disminuyan, disminuyendo por tanto la ionización producida por las descargas, por lo que las mismas se producirán cada vez a más altos valores de tensión, aumentando con ello los períodos de corriente cero (0).

Descarga incandescente. Este tipo de descarga se caracteriza por ser de muy corta duración y por producirse en los alrededores de los valores máximos de la onda de tensión, siendo una de las fuentes de radio interferencias asociadas con el fenómeno producido por la contaminación. Este tipo de descarga desaparece cuando el aislador se ha secado por completo y, por tanto, no existen puntos sobre su superficie con intensidades de campo suficientemente altas para permitir su formación. Dada la corta longitud que alcanzan estas descargas no juegan un papel fundamental en el proceso de ionización, pero crean las condiciones de ionización necesarias para el desarrollo de las descargas por efluvios.

Descargas por efluvios. Después de la aparición de las descargas incandescentes, si el aislador contaminado sigue sometido a algún proceso de humedecimiento, el ancho de las bandas secas disminuye, aumentando la intensidad del campo eléctrico a través de ellas, lo que hace posible que se puedan desarrollar descargas de mucha mayor longitud y que se caracterizan por su naturaleza ramificada, las que dentro del fenómeno de corona son conocidas como descargas por efluvios. Estas descargas son las que producen la ionización necesaria para la formación de descargas tipo arco cuando los períodos de corriente cero (0) exceden los dos (2) ms. Estas descargas son las máximas responsables de la intensidad de las radiointerferencias que acompañan a las descargas superficiales en los aisladores contaminados.

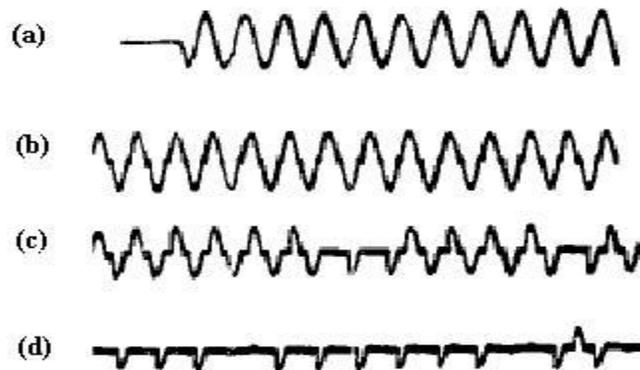


Fig. 4.1.- Característica de la corriente para cuatro estados diferentes de secado de la capa de contaminante.

- a - Antes de la formación de las bandas secas.
- b - Formación de las bandas secas.
- c - Aumento de la amplitud de las bandas secas.
- d - Proceso de secado intenso.

4. EQUIPOS A UTILIZAR

- Sistema de prueba de tensión alterna.
- Aislador de suspensión limpio y seco.
- Aislador contaminado y seco.
- Aspersor de agua.

5. EXPERIMENTOS

5.1. EXPERIMENTO 1. Determinar el comportamiento de un aislador limpio y seco:

1. Coloque un aislador limpio y seco sobre la base del sistema de prueba.
2. Conecte la fase y la tierra del sistema de prueba.
3. Proceda a incrementar paulatinamente la tensión aplicada sobre el elemento aislante, hasta que ocurra la descarga.
4. Meda los valores de corriente y tensión a los que ocurre la descarga.

5. Describir las características del arco (forma y color).

5.2. EXPERIMENTO 2. Determinar el comportamiento de un aislador limpio y húmedo.

1. Mediante el aspersor de agua, humedezca el aislador utilizado en el experimento N°1.
2. Proceda a incrementar paulatinamente la tensión aplicada sobre el elemento aislante, hasta que ocurra la descarga.
3. Medir los valores de corriente y tensión a los que ocurre la descarga.
4. Describir las características del arco (forma y color).

5.3. EXPERIMENTO 3. Determinar el comportamiento de un aislador contaminado y seco.

1. Coloque un aislador un aislador contaminado y seco sobre la base del sistema de prueba.
2. Conecte la fase y la tierra del sistema de prueba.
3. Proceda a incrementar paulatinamente la tensión aplicada sobre el elemento aislante, hasta que ocurra la descarga.
4. Describir las características del arco (forma y color).

5.4. EXPERIMENTO 4. Determinar el comportamiento de un aislador contaminado y húmedo.

1. Mediante el aspersor de agua, humedezca el aislador utilizado en el experimento N°3.
2. Proceda a incrementar paulatinamente la tensión aplicada sobre el elemento aislante, hasta que ocurra la descarga.
3. Medir los valores de corriente y tensión a los que ocurre la descarga.
4. Describa las características del arco (forma y color).

6. RESULTADO DE LOS EXPERIMENTOS.

6.1. Presentación del Informe: el informe debe ser presentado por cada colectivo y deberá contener siempre:

- Nombre y N° de C.I de los integrantes del grupo.
- Fecha de realización de la práctica.
- Condiciones ambientales al inicio y final de la práctica.

- Presente todos los resultados en forma de tablas.
- Determine las posibles variaciones que introduce las condiciones la presencia de las descargas superficiales sobre la tensión disruptiva en los aisladores utilizados en el ensayo.
- Dibuje las características de tensión de ruptura contra las condiciones superficiales del aislador y la presencia de humedad o no.

6.2 Cuestionario.

1. Para cada uno de los experimentos desarrollados, ¿cree usted que se presentaron descargas superficiales? En caso afirmativo, explique qué tipo de descarga se presento y cuál fue el proceso de formación del fenómeno.
2. En los experimentos N°3 y 4, ¿Qué tipo de descarga se presento, descarga tipo arco, por efluvios o incandescente? Justifique su respuesta.
3. Presentar mediante una tabla comparativa las características del arco (forma y color) en los cuatro experimentos desarrollados. En caso de existir diferencias, justifíquelas.
4. Presentar mediante una tabla comparativa, los valores de tensión y corriente medidos al momento de ocurrir la descarga. En caso de existir diferencias, justifíquelas.
5. Indique cuales son los efectos de las sobretensiones sobre aisladores contaminados.
6. Indique cuales son los efectos de la contaminación ambiental sobre el aislamiento externo.
7. Indique cuales son los factores que determinan la acumulación y la distribución de la capa contaminante.
8. Explique la influencia de las descargas superficiales en un sistema eléctrico de Alta Tensión



U
N
E
X
P
O

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



PRÁCTICA DE LABORATORIO No 5

DISTRIBUCIÓN DE POTENCIAL EN CADENAS DE AISLADORES



RECUERDE CUMPLIR LAS NORMAS DE SEGURIDAD

1. CONOCIMIENTOS PREVIOS

- Conocimientos fundamentales en la operación de sistemas de prueba de alta tensión alterna y sobre los sistemas de medición utilizados este tipo de sistema.
- Conocimientos específicos sobre las características y aplicaciones de los aisladores de suspensión tipo campana. Aplicaciones en forma de cadenas.
- Conocimientos básicos sobre el comportamiento de las cadenas de aisladores de suspensión tipo campana en tensión alterna. Distribución de la tensión.
- Conocimientos sobre aislamiento externo.

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Determinar el comportamiento de un aislador de suspensión tipo campana a tensión alterna en condiciones limpias y secas.
- Determinar la distribución de tensión en una cadena de aisladores.
- Determinar el efecto de los objetos cercanos sobre la distribución de la tensión en una cadena de aisladores.
- Determinar el efecto del anillo compensador sobre la distribución de la tensión.

3. AISLADORES DE SUSPENSIÓN TIPO CAMPANA.

Los aisladores de suspensión tipo campana se utilizan en las líneas y subestaciones de transmisión y distribución de la energía eléctrica como sosten de los conductores energizados. Su implementación se considera generalizada por sus ventajas como elemento aislante y sus facilidades mecánicas. Se fabrican en porcelana y en vidrio así como en otras configuraciones atendiendo a las necesidades impuestas por las aplicaciones específicas. En la figura 5.1 se muestra una configuración específica de este tipo de aislador y la distribución del potencial considerándolo como un elemento solo en el espacio, es decir sin

influencia de los objetos cercanos. Uno de los factores que adquiere gran relevancia en su diseño es lo referente a la distribución del campo eléctrico en un elemento aislador típico y en un conjunto cadena de varias unidades.

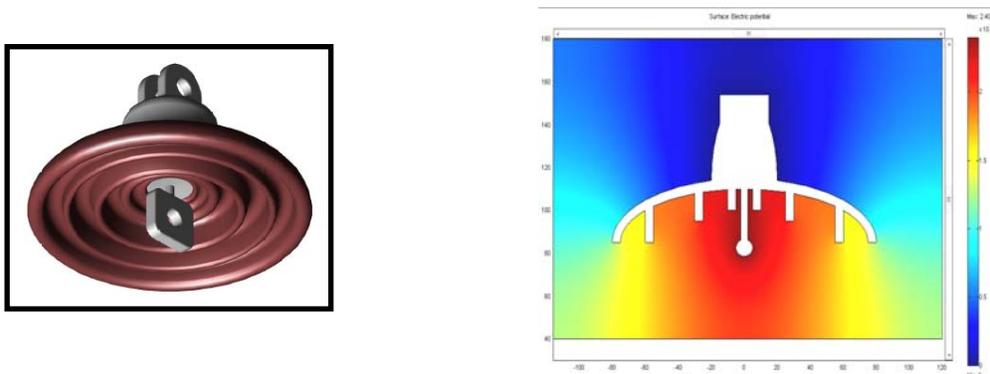


Figura 5.1. Aislador de porcelana tipo suspensión y su distribución superficial del potencial eléctrico

Como se conoce que cada aislador presenta una distribución de campos alrededor del mismo, si se considera independiente del entorno (elementos cercanos). En la práctica de ingeniería un elemento o una cadena de aisladores están sometidos al efecto de los elementos cercanos con tensiones diferentes. En el caso particular de las cadenas los elementos de mayor incidencia se encuentran en:

- El conductor al cual soporta.
- La torre o la estructura.
- El brazo de la torre o soporte de los aisladores.
- Otros elementos cercanos.

En la Figura 5.2 se muestra una cada de aisladores de la línea de 400 kV, sobre el Lago de Maracaibo, donde se pueden apreciar los elementos cercanos a las cadenas de aisladores.

La determinación experimental de la distribución de tensión en cadenas de aisladores puede obtenerse por varios métodos, atendiendo a los recursos y condiciones disponibles. A continuación se muestra el método de mayor utilización por su simplicidad y recursos mínimos.

El método consiste en aplicar tensión a toda la cadena y situar en paralelo con cada aislador un juego de electrodos esféricos calibrados. Aplicando expresiones simples se obtiene el valor de la tensión aplicada a cada aislador en por ciento (%) de la tensión total aplicada a la cadena.



Figura 5.2. Cadena de aisladores de la línea de 400 kV sobre el Lago de Maracaibo, Venezuela.

4. EQUIPOS A UTILIZAR

- Fuentes de prueba de alta tensión hasta 100 kV con sistema de medición de tensión.
- Cadena de aisladores (5 a 6 unidades).
- Sistema portaelectrodos.

5. EXPERIMENTOS

5.1. EXPERIMENTO 1. Acondicionamiento de las instalaciones:

- Revise el estado de la fuente de prueba de tensión alterna (conectores de tierra, sistema de medición de tensión y otros).
- Revise el funcionamiento de los sistemas de seguridad y situé los indicadores correspondientes.
- Obtenga e identifique la cadena de aisladores que se utilizarán durante la práctica. Datos del fabricante, año de fabricación, modelos y dimensiones fundamentales.
- Obtenga el sistema portaelectrodos y verifique que los electrodos se encuentren firmes y con una separación adecuada.
- Conecte el sistema como se muestra en la figura 5.3.
- Ubique la posición de la cadena en forma aproximada (altura, separación mínima a objetos aterrados y otros).

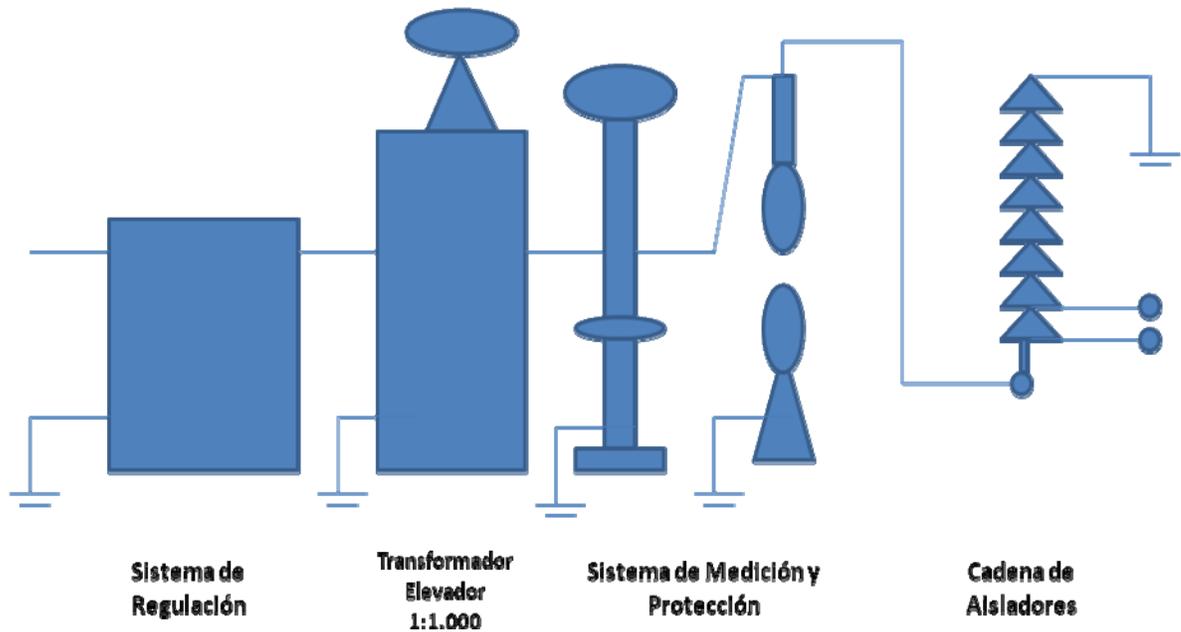


Figura 5.3. Esquema de conexión experimento 1.

- Sitúe el sistema portaelectrodos en el aislador más cercano al conductor. Verifique que el agarre es firme.
- Proceda a elevar la tensión hasta que se produzca descarga sostenida entre los electrodos (portaelectrodos). Disminuya la tensión hasta que desaparezca la descarga. Repita la operación en tres (3) oportunidades y anote la tensión de la fuente (V_t). Lleve la fuente a cero (0) y desconecte la alimentación.
- Cumpliendo las normas de seguridad traslade el portaelectrodo para el siguiente aislador y proceda según el punto anterior.
- Repita el proceso para todos los aisladores realizando las anotaciones correspondientes en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Tabla para las anotaciones correspondientes

Aislador N°	V_t			
	V_1 (V)	V_2 (V)	V_3 (V)	V_{PROMEDIO} (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
8				

5.2 EXPERIMENTO 2. Conocer el efecto de los objetos cercanos:

- Sitúe un elemento que simule un elemento aterrado a una distancia de 100 cm de la cadena (aproximado) como se muestra en la figura 5.4.

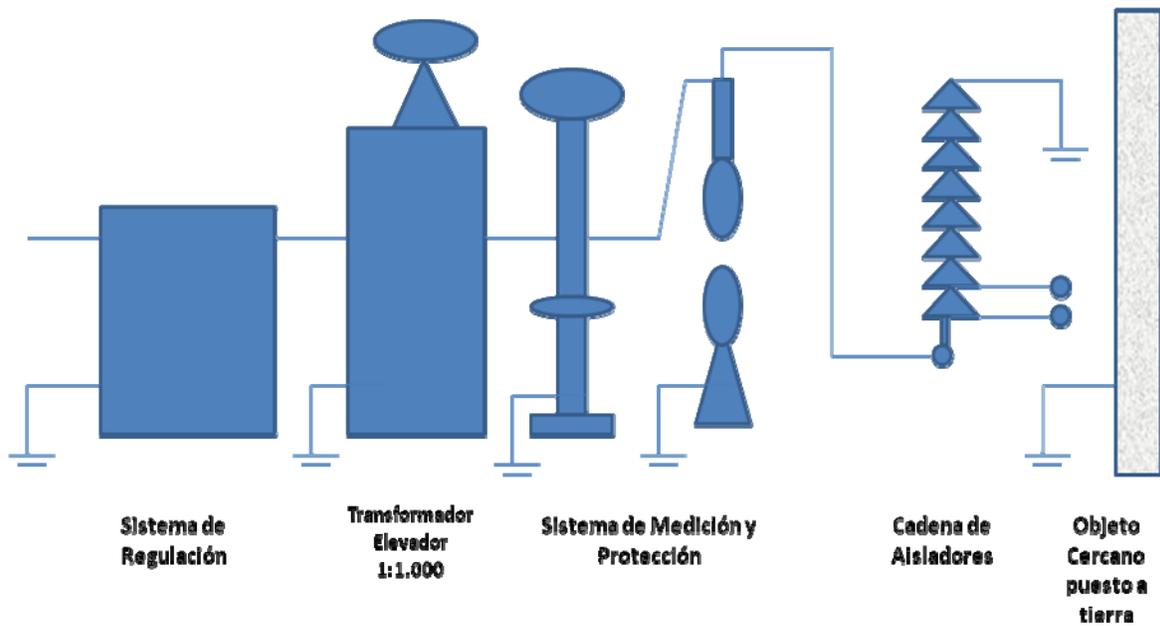


Figura 5.4. Esquema de conexión experimento 2.

- Proceda a determinar la distribución de tensión siguiendo el procedimiento descrito en el experimento 1. Realice las anotaciones correspondientes en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Tabla para las anotaciones correspondientes

Aislador N°	Vt			
	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₃ (V)	V _{PROMEDIO} (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

5.3 EXPERIMENTO 3. Conocer el efecto del anillo compensador.

- Sitúe el anillo compensador en la cadena de aisladores, como se muestra en la figura 5.5. Verifique la firmeza del agarre.

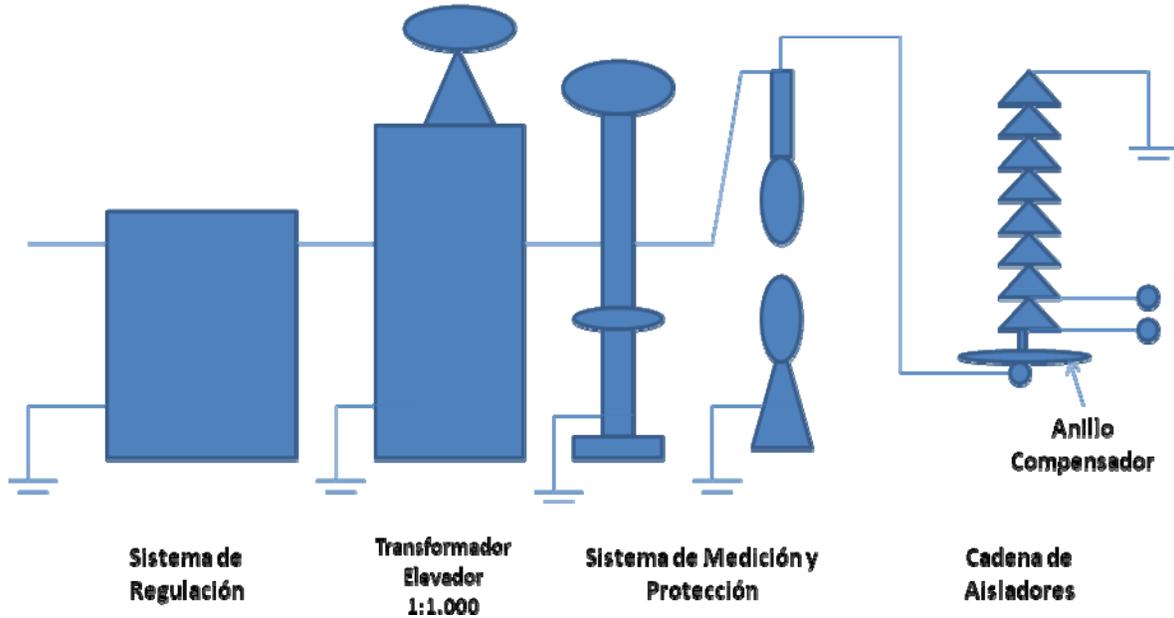


Figura 5.5. Esquema de conexión experimento 3.

- Proceda a determinar la distribución de la tensión en la cadena siguiendo en procedimiento descrito en el Experimento 1. Realice las anotaciones correspondientes en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Tabla para las anotaciones correspondientes

Aislador N°	Vt			
	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₃ (V)	V _{PROMEDIO} (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
8				

5.4 EXPERIMENTO 4. Determinación del efecto de un aislador diferente en la cadena.

- Retire el aislador más cercano al conductor de la cadena y sitúe el aislador que le entregará el instructor, como se muestra en la Figura 5.6. Anote los datos fundamentales del aislador.

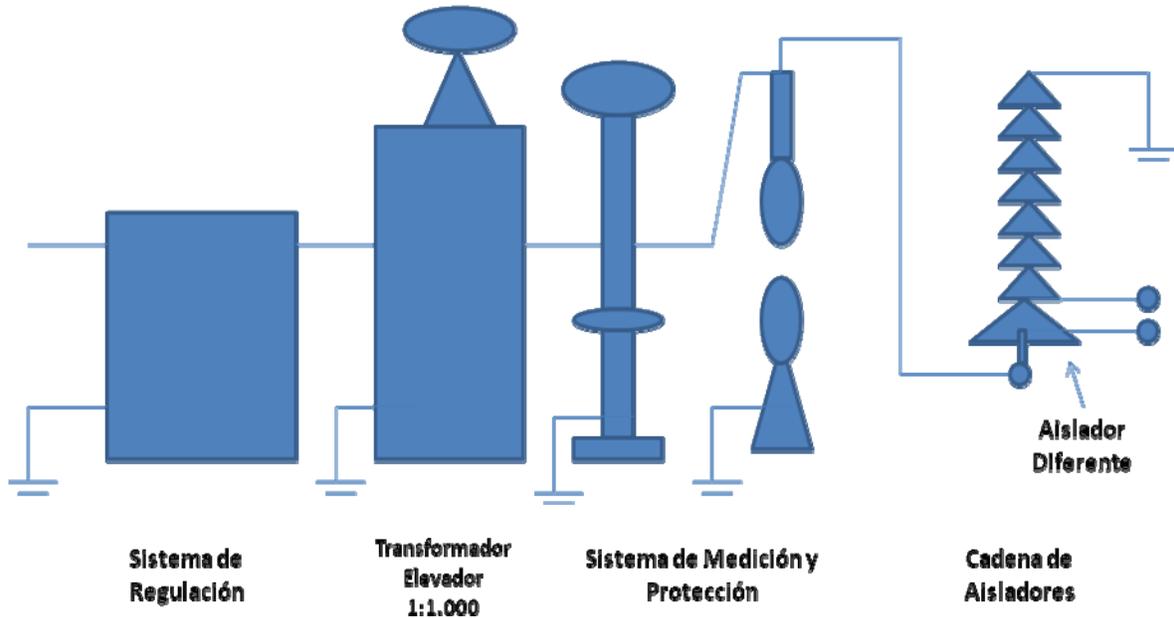


Figura 5.6. Esquema de conexión experimento 4.

- Proceda a determinar la distribución de la tensión en la cadena siguiendo el procedimiento descrito en el Experimento 1. Realice las anotaciones correspondientes en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Tabla para las anotaciones correspondientes

Aislador N°	Vt			
	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₃ (V)	V _{PROMEDIO} (V)
1				
2				
3				
4				
5				

6				
7				
8				

5.5 EXPERIMENTO 5. Conocer el efecto de un aislador menos en la cadena.

- Retire el último aislador de la cadena, como se muestra en la Figura 5.7.

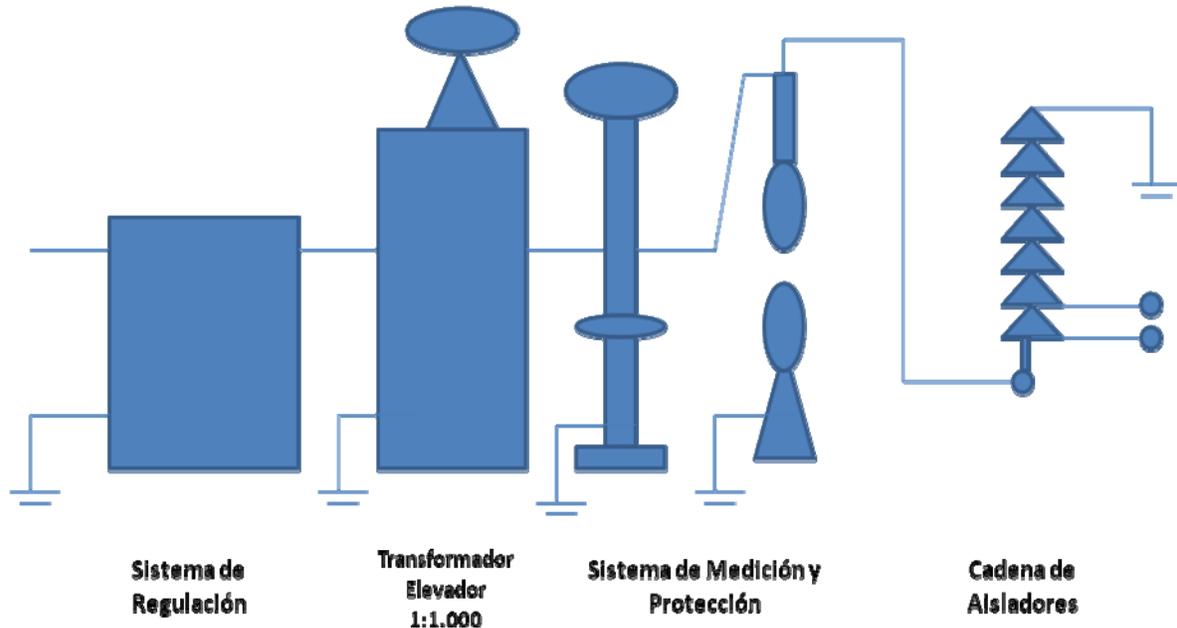


Figura 5.7. Esquema de conexión experimento 5.

- Proceda a determinar la distribución de la tensión en la cadena siguiendo en procedimiento descrito en el Experimento 1. Realice las anotaciones correspondientes en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Tabla para las anotaciones correspondientes

Aislador N°	Vt			
	V ₁ (V)	V ₂ (V)	V ₃ (V)	V _{PROMEDIO} (V)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
---	--	--	--	--

6. RESULTADO DE LOS EXPERIMENTOS.

6.1. Presentación del Informe: el informe debe ser presentado por cada colectivo y deberá contener siempre:

- Nombre y N° de C.I de los integrantes del grupo.
- Fecha de realización de la práctica.
- Condiciones ambientales al inicio y final de la práctica.
- Presente todos los resultados en forma de tablas.
- Determine la distribución de potencial en la cadena de aisladores, para los diferentes experimentos, en unidades de tensión (V) y de manera porcentual.
- Dibuje la distribución de poten de potencial en la cadena de aisladores, para los diferentes experimentos, en unidades de tensión (V) y de manera porcentual.

6.2 Cuestionario.

- Dibuje el aislador tipo campana indicando sus partes y constitución interna. Explique cada una de ellas.
- Calcule la distribución de tensión para la cadena utilizada asumiendo para “m” valores de 1; 5; 10; 20; por el método aproximado.
- Grafique las distribuciones calculadas.
- Analice por el método aproximado el efecto que exista un aislador diferente en la cadena.
- Calcule y grafique la distribución de tensión en la cadena obtenida en forma experimental.
- Calcule y grafique la distribución de tensión en la cadena con un objeto puesto a tierra en la cercanía. Compárela con la distribución en las condiciones iniciales; explique las posibles variaciones.
- ¿Por qué cree usted que la distribución de potencial en la cadena de aisladores se ve afectada cuando el objeto que se coloco cercano a ella que está conectado a tierra, explique brevemente?
- Calcule y grafique la distribución de tensión en la cadena con un anillo compensador. Compárela con la distribución obtenida por las condiciones iniciales; explique las posibles variaciones.
- Determine la eficiencia de la cadena en condiciones normales y con el anillo compensador.