

" Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos".

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**INGENIERIA ELÉCTRICA**

**REPORTE TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**NOMBRE DEL PROYECTO:**

**“ANÁLISIS DE RIESGO POR CADA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO  
ELÉCTRICO SEGÚN LA NOM-029-STPS.2011 (CONDICIONES DE  
MANTENIMIENTO EN LOS CENTROS DE TRABAJOS).”**

**PRESENTA:**

**RAMOS GONZAGA ITZAMARY.**

**ASESOR INTERNO:**

**M. EN C. KARLOS VELÁZQUEZ MORENO**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. ALDO ANTONIO VEGA CACHE.**

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco primeramente a dios por darme una maravillosa familia y por demostrarme lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar hacer, así como permitirme vivir y disfrutar cada día.

### **A mis padres:**

Rogelio Ramos Toledo y Olga Lidia Gonzaga Cruz que siempre me apoyaron incondicionalmente tanto económicamente como en cada decisión y proyecto, por confiar en mi capacidad y darme la oportunidad de superarme en el ámbito profesional, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Mi padre es mi ejemplo de constancia y dedicación.

Mi madre es mi fortaleza e inspiración diaria.

### **Al instituto tecnológico de México campus Tuxtla Gutiérrez.**

Gracias por haberme permitido formarme en ella y a todos los catedráticos que fueron partícipes de este proceso ya sea de manera indirecta o directa, Gracias por compartir sus conocimientos y darnos ánimos cuando los tiempos eran difíciles.

### **A mis hermanos:**

Merlin, Cesar y Mónica Ramos Gonzaga, por el apoyo que me brindan día a día en el transcurso de mi carrera universitaria, por darme el ejemplo que todo con esfuerzo se logra.

Un hermano comparte memorias de infancia y sueños de adultos.

### **A mis tíos:**

Isidoro Vázquez Hernández y Eliza Gonzaga Cruz.

A mi prima:

Diana Laura Vázquez Gonzaga

A mi tía:

Nemesia Gonzaga Cruz

Les agradezco por brindarme aportes invaluable que me servirán para toda mi vida y sobre todo por estar presente en el desarrollo de mi carrera universitaria, brindarme palabras de aliento para seguir adelante, me enseñaron hacer perseverante y siempre cumplir con mis ideales.

**A mi abuela:**

Guadalupe Cruz García (†).

Por ser el más grande pilar que existe en una familia, gracias por tu apoyo, por tus sabios consejos y amor incondicional.

No perdiste a nadie, simplemente se nos adelantó, porque para allá vamos todos. Además, lo mejor de ella, el amor está en nuestro corazón.

A mis amigo compañeros, amigos y todas aquellas personas quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas conmigo. Él camino recorrido no ha sido fácil, pero gracias a todos, a su amor, a su apoyo y paciencia he podido concluir esta etapa.

Gracias a todos.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA. ....</b>	<b>8</b>
NUESTRA MISIÓN.....	8
NUESTRA VISIÓN. ....	8
<b>3.1. ANTECEDENTES. ....</b>	<b>14</b>
3.1.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA. ....	14
3.1.2 PRUEBAS VLF (HI-POT). ....	15
<b>3.2. ESTADO DEL ARTE. ....</b>	<b>17</b>
3.2.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA. ....	17
3.2.2. PRUEBAS VLF (HI-POT). ....	21
<b>3.3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>24</b>
3.3.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA. ....	24
3.3.2. PRUEBAS VLF .....	25
<b>3.4. OBJETIVOS. ....</b>	<b>25</b>
3.4.1 OBJETIVOS GENERALES. ....	25
3.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS. ....	26
<b>4. FUNDAMENTOS TEORICOS.....</b>	<b>27</b>
4.1. PUESTA A TIERRA.....	27
4.1.1. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN LAS TURBINAS EÓLICAS .....	39
4.2. PRUEBAS VLF. ....	42
4.2.1. PRUEBAS VLF. ....	49
4.2.2. DETECTOR DE AUSENCIA DE TENSION ANALOGICO CON PERTIGA-MEDIA TENSION OPTICO. ....	53
4.2.3. PERTIGA CON GANCHO DE RESCATE. ....	54
4.2.4. CONECTADORES DE OPERACIÓN CON CARGA.....	55
4.2.5. GUANTES DIELECTRICOS.....	59
4.2.6. MULTÍMETRO .....	64
4.2.7. MEGGER.....	66
<b>5. DESARROLLO. ....</b>	<b>74</b>
<b>5.1. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
5.1.1. RESULTADOS.....	88
5.1.2. CONCLUSIÓN.....	92

<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## **ANÁLISIS DE RIESGO POR CADA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO SEGÚN LA NOM-029-STPS-2011 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO EN LOS CENTROS DE TRABAJO.**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

Este trabajo presenta una contribución al análisis de riesgo eléctrico en cada actividad de mantenimiento eléctrico en el procedimiento de pruebas a cables de media tensión en el P.E DEL SUR (BIINIZA), ubicado en Juchitán de Zaragoza Oaxaca y el Espinal Oaxaca.

Con el objetivo de resaltar los riesgos y la forma correcta de hacer las pruebas de resistencia a tierra mediante una conexión conductora entre un circuito eléctrico y la tierra en un Aéreo generador, al hablar de la puesta a tierra se habla de dos conceptos; la puesta a tierra y la puesta a tierra del equipo .La puesta a tierra del equipo asegura que el equipo operativo dentro de una estructura esté correctamente conectado a tierra física, Estos dos sistemas de puesta a tierra deben mantenerse separados, salvo en el caso de una conexión entre ambos sistemas. Esto impide diferencias en el potencial de tensión proveniente de un relámpago en caso de que caiga un rayo.

El propósito de una puesta a tierra, además proteger a las personas, las plantas y los equipos, es proporcionar un camino seguro para la disipación de corrientes de falla, caídas de rayos, descargas estáticas, señales EMI y RFI, e interferencia.

También se establecen los lineamientos necesarios para realizar pruebas de vlf (baja frecuencia alto voltaje ) a los cables de media tensión, este procedimiento será de aplicación para las pruebas de muy baja frecuencia de cables de media tensión con voltaje de operación de 62 kv, correspondientes al proyecto BIINIZA; para detectar todos aquellos defectos o anomalías que pudieran tener los cables de potencia y dispositivos asociados (accesorios premoldeados, terminales,etc.), antes de entrar en operación y debe aplicarse al

sistema completo de canalización subterránea, teniendo cuidado de no incluir los devanados de transformadores de potencia, de servicios propios y de potencia.

La prueba se realiza por medio de un equipo que genera a una frecuencia de por lo general 0.1 Hz. Típicamente esta unidad comprende una fuente de corriente directa, un circuito desconectador de media tensión, un reactor para la intervención de la polaridad y un capacitor de apoyo para compensar muestras bajo prueba de baja capacitancia.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.**

Fusión eléctrica de México es una empresa focalizada en el ramo eléctrico, actualmente con oficinas en la ventosa Juchitán, Oaxaca. Fundada en el 2010 ante la demanda de servicios y construcción de obras eléctricas en los parques industriales de la zona del istmo.

Actualmente fusión eléctrica es independiente y cuenta con profesionales con varios años de experiencia en obra eléctrica y civil, con más de 8 años de experiencia en obras específicas dentro de los parques eólicos de la región.

En fusión eléctrica de México, s.a. de c.v. estamos comprometidos en la construcción de sistemas eléctricos de baja y media tensión, buscando la satisfacción de nuestros clientes a través del cumplimiento de sus necesidades y expectativas, así como de los requerimientos legales y regulatorios aplicables, asegurando la calidad, seguridad, salud y la protección ambiental, bajo un estado de mejora continua y un pensamiento basado en riesgo que nos asegure el logro constante de nuestros objetivos.

### **NUESTRA MISIÓN.**

Promover servicios de construcción e ingeniería, dirigida principalmente al sector de energías renovables, asegurando la satisfacción de nuestros clientes.

### **NUESTRA VISIÓN.**

Ser una empresa líder y competitiva en el ramo de las energías renovables, utilizando recursos humanos calificados, materiales y tecnología de alta vanguardia, creando valor a nuestros servicios y por ende a nuestra empresa.

### **OBRAS QUE FUSIÓN ELÉCTRICA REALIZÓ EN EL 2015.**

- ✚ Ampliación de trabajos en obra eléctrica referentes a Red de Media Tensión en el Parque Eólico sureste I en la mata Aguascalientes, Oaxaca. Para la interconexión de 34 Aerogeneradores, para la empresa Cobra.
- ✚ Obra civil, tendido e interconexión de Red Subterránea de media tensión en parque eólico Ventika I en General Bravo, Monterrey para la empresa Global Energy (GES) -Acciona.
- ✚ Obra eléctrica y electromecánica Red de media tensión en el parque Ingenio, en el ingenio Santo domingo, Oaxaca trabajos para la empresa Acciona-Acciona. Concluido.

### **PARTICIPO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO SOLAR MÁS GRANDE DE AMÉRICA.**

#### **“VILLANUEVA, LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA MAS GRANDE DE LAS AMERICAS”**

El proyecto Villanueva de 754 MW cuenta con el respaldo de un contrato que permite **la venta de volúmenes específicos de energía por 15 años** y Certificados de Energía Limpia por 20 años a la Comisión Federal de Electricidad.

**Enel Green Power México** es el mayor operador de energía renovable del país en términos de capacidad instalada y portafolio de proyectos. Actualmente, la Compañía opera 728 MW, de los cuales 675 MW provienen de energía eólica y 53 MW de energía hidroeléctrica. Además de la planta solar fotovoltaica Villanueva de 754 MW, la compañía está construyendo el parque eólico Amistad de 200 MW, también

en el estado de Coahuila, el proyecto fotovoltaico Don José de 238 MW en el estado de Guanajuato y el parque eólico Salitrillos de 93 MW en el estado de Tamaulipas.

### **MAQUINARIA Y EQUIPO.**

Grúa Hiab, Retros, Porta-carretes, Todo tipo de Cimbras para las cimentaciones de Pilas. Lo necesario para la construcción de Redes de Media Tensión y Líneas de Transmisión.

### **UNIDADES VEHICULARES.**

Camionetas Pick-Up, Redilas de 3.5 Toneladas, Camionetas Estacas.

### **EQUIPO DE MEDICION Y PRUEBAS.**

Equipo propio para la realización de todo tipo de **empalme y conexiones eléctrica** de Media y Alta Tensión.

Equipo propio para la realización de **Pruebas Eléctricas, como Medición de Resistencia a Tierra, VLF, Megger.**

Equipo para realización de **empalmes y Fusionado de Fibra Óptica**, Así como su mediciones y pruebas, como OTDR.

De acuerdo con las necesidades, se tienen alianzas para el **suministro de maquinaria pesada** necesaria para realizar los trabajos, como Perforadoras, Excavadoras, etc.

### **ACTIVIDADES EN OBRA ELÉCTRICA.**

#### **❖ EJECUCIÓN DE OBRA ELÉCTRICA EN PARQUES EÓLICOS.**

Ofrecemos la construcción completa de una red de media tensión para parques eólicos, el cual abarca desde suministro de materiales hasta las pruebas y puesta en

marcha. Contamos con personal capacitado para la elaboración de empalmes, elaboración y conexionado de terminales.

❖ **TENDIDO DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN (35Kv).**

Ejecutamos el tendido de cables para diversos proyectos de redes de media tensión. Contamos con procedimientos técnicos basados en los más altos estándares de la IEEE y los establecidos por la FCE.

❖ **EMPALME DE CABLE DE POTENCIA.**

Contamos con expertos en empalmes de cables de potencia los cuales nos permiten ofrecer un servicio de calidad para el desarrollo de tus proyectos.

❖ **ELABORACIÓN Y CONEXIONADO DE TERMINALES DE CABLES DE POTENCIA.**

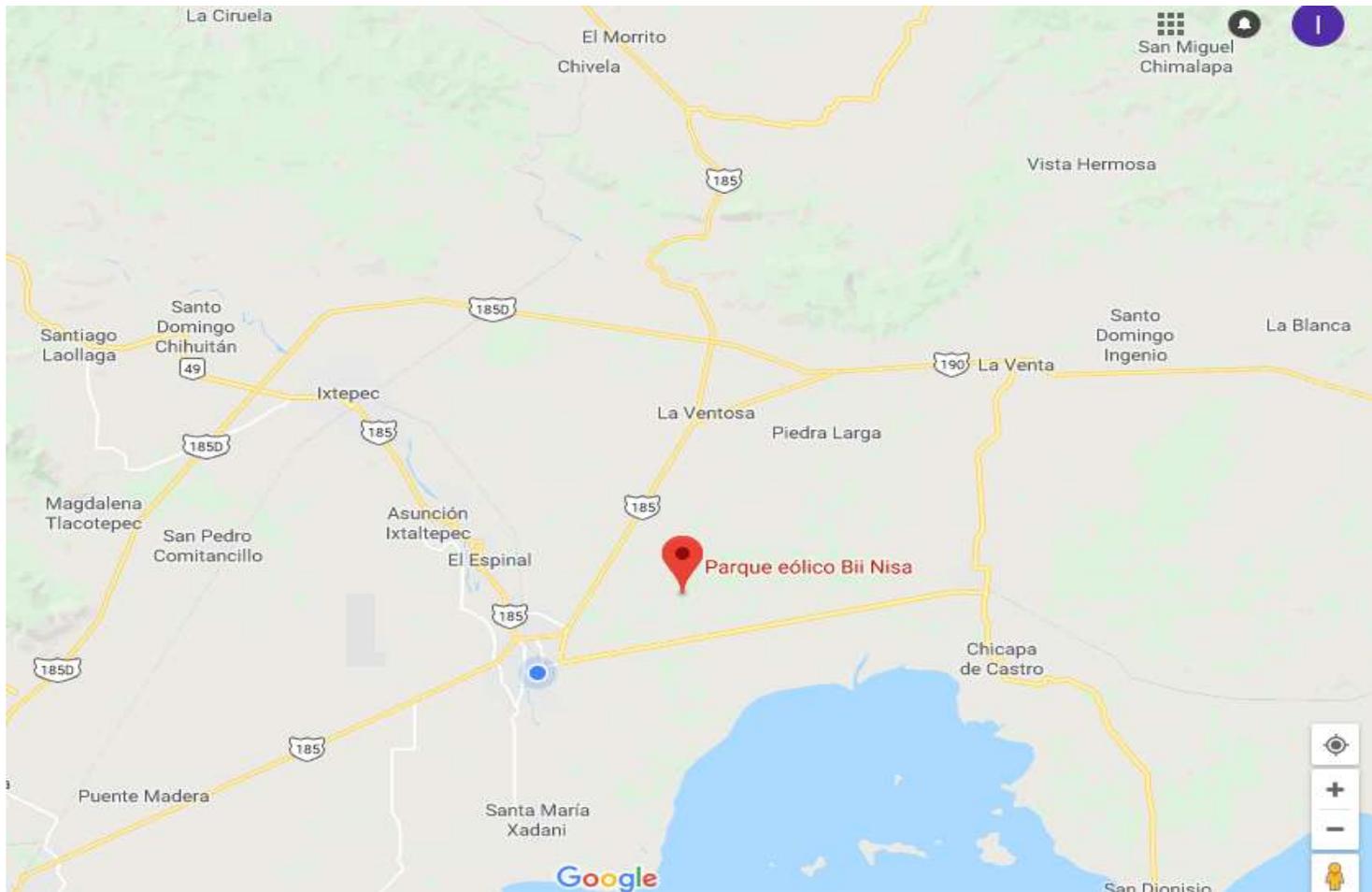
Suministramos materiales necesarios para la elaboración de terminales de cables de potencia.

❖ **MONTAJE E INSTALACIÓN DE CELDAS.**

Realizamos montajes e instalación de celdas, que van desde la operación de carga y descarga hasta el conexionado de terminales de potencia.

**P.E EOLICA DEL SUR- POLIGONO BIINIZA**

Actualmente Fusion eléctrica, se encuentra laborando en la región del istmo de Tehuantepec, fungiendo como subcontrata en los trabajos de obra civil y eléctrica en el P.E BII NISA, localizado en la comunidad de Juchitán de Zaragoza Oaxaca y en el espinal Oaxaca (2 polígonos), contando con 132 aerogeneradores, con capacidad de 396 megavatios, lo cual lo convertirá en el parque eólico más grande en América Latina.



**DESCRIPCION DEL AREA DE PARTICIPACIÓN.**

**ÁREA DE SEGURIDAD E HIGIENE.**

**-SUPERVISORA DE SEGURIDAD.**

Controlar las actividades de seguridad industrial e higiene ocupacional, estableciendo las políticas y normas, desarrollando planes y programas, supervisando la ejecución de los procesos técnicos-administrativos que conforman el área, a fin de garantizar la eficacia y la eficiencia de las operaciones de prevención de accidentes y/o enfermedades ocupacionales en el ámbito de la Institución, de acuerdo con las disposiciones y principios emanados por los entes reguladores de la materia.

### **FUNCIONES, ACTIVIDADES Y/O TAREAS**

- Asesora técnicamente a la Unidad, en cuanto a la creación e implementación de los programas de seguridad industrial e higiene ocupacional.
- Planifica, dirige y supervisa las actividades del personal a su cargo.
- Vela por el cumplimiento de las políticas y normas establecidas en el departamento, en materia de seguridad industrial e higiene ocupacional.
- Dirige los programas de adiestramiento en materia de seguridad industrial e higiene ocupacional.
- Establece juntamente con el superior inmediato las políticas a seguir, en materia de seguridad industrial e higiene ocupacional.
- Coordina el proceso de inspección en los puestos de trabajo.
- Asesora a las dependencias universitarias en la elaboración de normas y procedimientos de trabajo, adaptados a las operaciones laborales que se llevan a cabo en la Institución.
- Asesora a los comités de higiene y seguridad industrial en lo concerniente a la materia.
- Investiga accidentes de trabajo, determina sus causas y recomienda medidas correctivas.
- Lleva y analiza estadísticas de accidentes laborales.
- Elabora normas y procedimientos relacionados con la adquisición y dotación de equipos de protección personal.
- Asigna responsabilidades a los inspectores de seguridad e higiene ocupacional y revisa los informes que éstos realizan.

- Planifica, organiza y evalúa los planes y programas de mantenimiento y seguridad industrial.
- Aplica sistemas y procedimientos administrativos y técnicos para la ejecución o evaluación de proyectos.
- Participa en reuniones con los inspectores de seguridad e higiene ocupacional.
- Analiza y elabora informe sobre solicitudes de jubilaciones por área contaminante.
- Evalúa problemas relacionados con salud ocupacional, en comisiones designadas por el Consejo Universitario.
- Supervisa, controla y evalúa el personal a su cargo.
- Transcribe y Accesa información operando un microcomputador.
- Cumple con las normas y procedimientos en materia de seguridad integral, establecidos por la organización.
- Mantiene en orden equipo y sitio de trabajo, reportando cualquier anomalía.
- Elabora informes periódicos de las actividades realizadas.
- Realiza cualquier otra tarea afín que le sea asignada.

### **3.1. ANTECEDENTES.**

#### **3.1.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA.**

Con la llegada de los circuitos integrados y microprocesadores en los modernos equipos eléctricos electrónicos surgieron nuevos inconvenientes relacionados con su sensibilidad y operación, los cuales se agravan por la creciente integración de sus componentes, la tecnología actual los ha hecho más densos y susceptibles a perturbaciones eléctricas, tales como las interferencias electromagnéticas (EMI), interferencias de radiofrecuencias (RFI), descargas electrostáticas (ESD) y a todo tipo de ruidos y perturbaciones de la onda senoidal.

Los equipos electrónicos modernos son cada vez más sensibles a los ruidos eléctricos producidos ya sea por motores, sistemas de aires acondicionado, así como por los mismos equipos analógicos y digitales. Una de las mayores demandas en la actualidad es el

conocimiento de las tecnologías de protección (sistema de electrodos de tierra, sistemas de protección contra descargas atmosféricas, equipos supresores de sobre voltajes transitorios, etc.) todo con el fin de seleccionar la protección adecuada para nuestros sistemas y equipos. Se estima que el 80 % de los problemas en las redes de distribución que afectan a los equipos electrónicos sensibles los causa una conexión a tierra deficiente o incorrecta y problemas de cableado. [1]

Debido a que la mayoría de los parques eólicos que hay en nuestra región están expuestos a un alto índice de descargas atmosféricas, (ya que se considera una estructura de riesgo, por tener grandes alturas, tienen probabilidad de recibir un impacto de rayo), es indispensable que un aerogenerador cuente con un sistema de protección contra descargas atmosféricas (rayos) a los niveles isoceraunicos (número de días con tormentas al año) del país.

La protección contra descargas atmosféricas (resistencia a tierra) protege tanto las instalaciones en el parque eólico, como al personal que trabaja en el mismo, tomando en cuenta los parámetros del área donde se encuentra el aerogenerador en el P.E

### **3.1.2 PRUEBAS VLF (HI-POT).**

Las fallas en los cables de energía aislados pueden presentarse en el momento de efectuar las pruebas de aceptación o durante su operación, requiriendo de una acción inmediata para restaurar el servicio cuando hayan estado en operación. La localización de fallas en cables aislados debe ser tan exacta como sea posible para permitir, con el mínimo de trabajo, la exposición de la falla. En los casos donde la longitud y trayectoria del cable sean bien conocidas, sólo es necesario determinar la distancia del extremo de medición a la falla. Sin embargo, en muchos casos sólo se conoce la ubicación de las terminales del cable y no la trayectoria entre ambos extremos, por no existir planos o tener modificaciones sin registro. Puesto que hay muchos tipos de cables, métodos de instalación y condiciones del medio, es difícil que, con un solo tipo de equipo, pueda hacerse toda clase de localización de fallas. Todavía la localización de fallas debe considerarse como un arte, porque nunca dos fallas son similares; cada una representa un reto al ingenio de la persona que trata de localizar la falla con precisión. [2]

Varias pruebas de campo son realizadas para determinar el desempeño del cable. Los más comunes son, el volts-ohmmetro, el megger y el Hi-Pot.

### Existen diferentes métodos.

- ❖ El método de Power Factor utiliza una señal de corriente alterna.
- ❖ El método de Resonancia de pulso es un circuito en serie.
- ❖ Dissipation Factor Bridge.
- ❖ El método de Spectroscopio es un aparato que aplica un rango limitado de frecuencia al cable.
- ❖ El método de Reflectómetro en el dominio del tiempo es un pulso de entrada aplicado a lo largo del cable.
- ❖ El método de Murry Loop Bridge es un alto voltaje de cd.
- ❖ El método de Descargas Capacitivas donde un alto voltaje de ca y una corriente alta son aplicadas para hacer fallar el cable.
- ❖ El método de VLF Hipot (Very Low Frequency) es una alternativa muy viable para pruebas de cable de potencia en campo.

De los diferentes métodos mencionados anteriormente se determina en forma precisa si el aislamiento de un cable está en buen estado o si la instalación de la terminal es correcta, excepto el VLF, pero este es un aparato muy costoso y del cual los actuales Ingenieros de campo no tiene experiencia en el uso, y en muchos casos ni el conocimiento de su existencia.

El Hi-Pot de ca ha sido el método más eficiente para determinar una falla en cables. Consiste en aplicar una tensión de alterna a una frecuencia industrial (50-60Hz) al aislamiento. La forma de la onda y la frecuencia de la tensión aplicada representan la manera más fidedigna de determinar los esfuerzos eléctricos que deberá ser capaz de soportar el aislamiento, y no produce cargas espaciales (la aparición de una carga espacial puede provocar la ruptura del aislamiento una vez que el cable entra en servicio). La prueba detecta puntos defectuosos en el cable, pero provee poca información acerca de las propiedades del aislamiento. El equipo es grande, de manejo incomodo, costoso y mucho más peligroso que otros métodos. Aunque este método es usado por cada fabricante en su planta, este no es usado para la evaluación de cables en campo.

El método de VLF Hipot (Very Low Frequency) es una alternativa muy viable para pruebas de cable de potencia en campo. Este método incorpora al cable un pulso bipolar con una transición sinusoidal a una frecuencia hasta de 0.1 Hz. Se cambia periódicamente la polaridad la cual genera rápidamente una descarga parcial en la imperfección del aislamiento. Los cambios de polaridad previenen la formación de espacios. El voltaje CA es aproximadamente tres veces más que la fase a tierra. Esta prueba es para localizar el lugar de la falla y vacíos el aislamiento. Este es un nuevo método sin mucha correlación de experiencia en campo, incluso este aparato esta patentado actualmente y por ende disponible con un solo fabricante. [3]

## **3.2. ESTADO DEL ARTE.**

### **3.2.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA.**

La puesta a tierra se ocupa del eficiente, seguro y económico traspaso de corrientes eléctricas, de distintas naturalezas, hacia la tierra en los diferentes tipos de instalaciones donde se utiliza la Energía Eléctrica. El correcto diseño del sistema de tierras y su posterior conexión es primordial para la seguridad de las personas y de los equipos eléctricos y electrónicos, además de un buen desarrollo de los procesos a seguir, tanto a nivel industria, como a nivel domésticos. Otras razones importantes para que se deban tomar en cuenta la existencia de los sistemas de tierra son evitar que se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, a ocurrir cualquier falla eléctrica. Aunado a esto, los sistemas de tierra deben estar planteados de acuerdo con las normas y reglamentos públicos en vigor. La puesta a tierra del neutro del sistema permite la operación de diversos sistemas de protección basados en la detección de corrientes que circulan por este conductor, aislándose así la falla para evitar dañar al equipo que se encuentre operando en el momento de la falla y que esta se propague.

En la mente inquisitiva de Stephen gray, después de haber llevado a cabo, el 14 de julio de 1729, el experimento de la conducción de electricidad a través de un cordón de cableado de 650 pies de longitud surgió la pregunta de ¿Qué sucederá cuando se usa a una persona como conductor de la electricidad? El 16 de julio de 1731, realizo tal experimento, utilizado

a un adolescente como conductor; y en 1732 repitió el ensayo, pero usando esta vez a dos jóvenes en serie como conductor.

Por su parte en 1883, Carl August Steinheil llegó a comprobar que la tierra conducía la electricidad y que, por tanto, podía ser utilizado como circuito de retorno de esta, lo cual ayudó en el desarrollo de la telegrafía por hilo. Se puede pensar que con ello se inicia la técnica de la puesta a tierra dentro del dominio de las comunicaciones eléctricas.

Del grupo de los hombres que continuaron indagando los efectos de la corriente eléctrica por el cuerpo humano, destacan el doctor H.F. Weber, quien en 1897, en la ciudad de Zurich, con inaudito atrevimiento en el mismo llevó a cabo una serie de experimentos trascendentes acerca de los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano en función del tiempo que permanecía la corriente. Tales trabajos se consideran ya investigaciones. Válidas para servir como bases en las prescripciones sobre la puesta a tierra dentro de las instalaciones eléctricas de la asociación de electrotécnicos alemanes del año 1904.

Fue hasta junio de 1918 que C.S. Peters presentó un instructivo relativo a los sistemas eléctricos, el cual ahora se consideraría muy rudimentario, pero que en aquel tiempo impulsó la integración de una normalización para intentar resolver ordenadamente los problemas relacionados con la puesta a tierra.

Por su parte, Walter Koch, además de abordar diversos problemas particulares de aplicación de la puesta a tierra dentro del ámbito de las corrientes intensas, escribió un libro sobre la puesta a tierra en instalaciones de corriente alterna con voltajes superiores a 1 kV, en lengua alemana, editado en Berlín en 1949. Koch describe en su libro de manera estricta, los aspectos técnicos esenciales relacionados con la puesta a tierra en las instalaciones, abordando el análisis con un tratamiento menos riguroso que el desarrollado por Ollendorf y más orientado hacia los fines prácticos (o de ingeniería) de la puesta a tierra en tales instalaciones. [4] [5] [6] [7]

La preparación de normas nacionales e internacionales, que contiene normas para el diseño de aerogeneradores comenzó en la década de 1980. La primera publicación fue un conjunto de normas para la certificación elaborado por Germanischer Lloyd en 1986.

Estas reglas iniciales fueron posteriormente mejoradas como el conocimiento adquirido, conduciendo a la publicación de Regulation for the Certification of Wind Energy Conversion Systems por Germanischer Lloyd en 1993. Esto además fue modificado por suplementos expedidos en 1994 y 1998. Mientras tanto, también normas nacionales fueron publicadas en The Netherlands (NEN 6096, Dutch Standard, 1988) y Dinamarca (DS 472, Danish Standard, 1992).

The International Electrotechnical Commission (IEC) comenzó a trabajar en el primer estándar internacional en 1988, dirigido a la publicación de IEC 1400-1 Wind turbine generator systems – Part 1 Safety Requirements en 1994 (Second Edition IEC, 1997). Apareció una edición revisada, que contiene algunos cambios significativos en 1999, teniendo el nuevo número de IEC 61400-1. Las normas que actualmente están vigentes para aerogeneradores por parte de la IEC son las siguientes.

NORMA	DESCRIPCIÓN
IEC-61400-1	Wind turbine generator systems – Part 1: <b>Safety requirements.</b>
IEC-61400-11	Wind turbine generator systems – Part 11: <b>Acoustic noise measurement techniques.</b>
IEC-61400-12	Wind turbine generator systems – Part 12: <b>Power performance measurement techniques.</b>
IEC-61400-13	Wind turbine generator systems – Part 13: <b>Measurement of mechanical loads.</b>
IEC-61400-21	Wind turbine generator systems – Part 21: <b>Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines.</b>
IEC-61400-22	Wind turbine generator systems – Part 22: <b>Wind turbine certification.</b>

**Ilustración 1.** Algunas normas vigentes actualmente en aerogeneradores.

Algunas otras normas aplicadas en el mundo.

NORMA	DESCRIPCIÓN
DIBt-Regulations	Richtlinie für Windkraftanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Deutsches Institut für Bautechnik, June 1993.
DS 472	Loads and Safety of Wind Turbine Construction, 1 <sup>st</sup> edition, May 1992, including Addendum, 28 <sup>th</sup> March 1996.
NEN 6096/2	Regulations for the Type-Certification of Wind Turbines, 1 <sup>st</sup> version of 26.11.1990, 2 <sup>nd</sup> edition February 1994.
GL-Regulations	Regulation for the Certification of Wind Energy Conversion Systems, 1999.
FGW (Fördergesellschaft Windenergie) – Guidelines	Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 3: Bestimmung der elektrischen Eigenschaften*. Calidad de energía.
	Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen: Bestimmung der Schallemissionswerte* (FGW). Ruido.

**Ilustración 2.** Normas vigentes de energía eólica.

La NOM-001-SEDE-2012 fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE), con el apoyo de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía y la coordinación de la Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE), consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de diferentes instituciones miembros del CCNNIE.

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (en adelante NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional; cuida el uso de vocablos y se respeta los términos habituales, para evitar confusiones en los conceptos. Asimismo, se ordenan los textos procurando claridad de expresión y unidad de estilo para una más específica comprensión. Lo que hará más fácilmente atendible sus disposiciones.

El objetivo de la NOM-001-SEDE-2012 es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos.
- los efectos térmicos.
- sobre corrientes.
- las corrientes de falla
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas. [8]

### **3.2.2. PRUEBAS VLF (HI-POT).**

Las pruebas eléctricas de campo son las que se aplican durante y después de las instalaciones de los alimentadores, antes de su puesta en servicio y posteriormente cuando las condiciones de operación del alimentador lo exijan.

## **AVANCE DE LOS METODOS PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS ELECTRICAS A CONDUCTORES.**

**El método de Power Factor** utiliza una señal de corriente alterna. Esta debe ser 50/60 Hz o alta frecuencia. La corriente es analizada para determinar la presencia de una pérdida anormal. Power Factor es algunas veces llamado  $\delta$  y es el valor de la pérdida (resistencia) del total de la energía (impedancia) de un cable. Esta prueba detecta el deterioro de las propiedades del aislamiento. Este no permite la caracterización y localización del punto defectuoso. Abarca múltiples unidades de frecuencia 1-60 Hz. Requiere una cantidad excesiva de tiempo de prueba y es susceptible a interferencia de fuentes de ruido externas.

**El método de Resonancia de pulso** es un circuito en serie. Es usado donde los cables proveen la capacitancia en serie con un inductor variable. Esto permite señales largas para ser desarrolladas con un suministro muy pequeño de energía. Por consecuencia el aparato

es ligero y no costoso. Una frecuencia de 50/60 Hz es aplicada al cable. Una primera prueba nos da indicaciones sobre las propiedades del aislamiento, mediante la detección de descargas parciales y cambios el factor de potencia. Un suministro pequeño está limitado a cable largos y cable con diferentes características de pérdida dieléctrica.

**Dissipation Factor Bridge:** Este es el valor de la resistencia (pérdida) de la reactancia capacitiva (energía almacenada) en un cable. Este aparato tiene características similares al factor de potencia. Esta prueba detecta deterioro en el material, pero no así la localización del sitio donde se producirá la falla.

**El método de Espectroscopio** es un aparato que aplica un rango limitado de frecuencia al cable. La respuesta del spectrum es desplegada en un osciloscopio. La forma de la respuesta de la frecuencia es analizada para predecir las propiedades del aislamiento. Muchos análisis detallados y descripciones del cable son requeridos. Esta técnica es apropiada para investigaciones en laboratorios. Algunos métodos de espectroscopio incluyen baja frecuencia eléctrica, dominio del tiempo, y características de propagación.

**El método de Reflectómetro** en el dominio del tiempo es un pulso de entrada aplicado a lo largo del cable. La forma, polaridad y el desplazamiento del pulso reflejado pueden ser interpretado para localizar importantes cambios de impedancia de las características de impedancia de un cable. Esta prueba es para localizar fallas, por lo tanto, se aplica un potencial en la prueba. La atenuación de la señal se convierte en un problema cuando el aislamiento del cable es muy débil. El perfil del cable es requerido para comparar descargas en la impedancia.

**El método de Murry Loop Bridge** es un alto voltaje de cd. Un balance del puente es utilizado para determinar la localización relativa de la falla. Se requiere una trayectoria de carbón conductivo para que el aparato funcione. Este no funcionará con un corto de directa o múltiples imperfecciones del aislamiento.

**El método de Descargas Capacitivas** donde un alto voltaje de ca y una corriente alta son aplicadas para hacer fallar el cable. La energía alta amplía la falla para que este punto pueda ser localizado mediante inspección visual o sonido. El punto de falla si puede ser localizado pero el aislamiento será destruido. Un cambio rápido de voltaje puede causar

daño en el aislamiento por un sobre-esfuerzo. Someter el cable a potencia ca produce un deterioro del aislamiento. Una larga disipación de energía dará como resultado un sobreesfuerzo en el aislamiento.

**El método de VLF Hipot (Very Low Frequency)** es una alternativa muy viable para pruebas de cable de potencia en campo. Este método incorpora al cable un pulso bipolar con una transición sinusoidal a una frecuencia hasta de 0.1 Hz. Se cambia periódicamente la polaridad la cual genera rápidamente una descarga parcial en la imperfección del aislamiento. Los cambios de polaridad previenen la formación de espacios. El voltaje CA es aproximadamente tres veces más que la fase a tierra. Esta prueba es para localizar el lugar de la falla y vacíos el aislamiento. Este es un nuevo método sin mucha correlación de experiencia en campo, incluso este aparato esta patentado actualmente y por ende disponible con un solo fabricante.

## **PRUEBAS TIPICAS EN CAMPO**

**La prueba de volts-ohmmetro** es muy común, económica y segura, y fácil de realizar. Y aunque sirve para algunas aplicaciones, no funciona para evaluar la calidad del cable. Este instrumento usa 9 Volts para energizar el cable. Esta prueba es realizada sólo como una indicación inicial de la condición del cable mientras esta todavía instalado. Lo más rescatable de esta prueba es que la lectura indica si el cable o algún componente del sistema eléctrico está mal conectado.

**El megger** es un instrumento portátil y moderadamente caro, que provee información limitada acerca de la calidad del cable. El instrumento usualmente suministra 5 kV. Esta prueba puede ayudar a determinar el nivel de desempeño básico del cable, como saber si está bien aterrizado el cable a través de una terminal.

**Prueba de Hi-Pot** que ya se mencionó con anterioridad, estos aparatos pueden suministrar desde 1 kV hasta 200 kV o más, es utilizado para causar una falla en el punto más débil del aislamiento. [9]

### **3.3. JUSTIFICACIÓN.**

#### **3.3.1. PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA.**

Los sistemas eléctricos conectados a tierra generalmente presentan algunas debilidades, entre las cuales se pueden contar la sensibilidad a los cambios bruscos en las condiciones de operación, es decir, las perturbaciones en la alimentación eléctrica o los fenómenos eléctricos transitorios.

Para evitar y atenuar la peligrosidad de estas perturbaciones en la vida y funcionamiento de los equipos con dispositivos que eviten el ingreso de estos transitorios a los sistemas en fracciones de segundos y sean dispersados por una ruta previamente asignada como es el SISTEMA DE PUESTA ATIERRA. Siendo el primer dispositivo protector no solo de equipos eléctricos sensibles sino también de la vida humana evitando desgracias o pérdidas que lamentar.

Los sistemas de puesta a tierra suelen corroerse con el paso de los años debido al gran contenido de humedad y sales del suelo, así como sus altas temperaturas, produciendo una disminución de la efectividad de la malla de tierra.

Es por lo que la NETA (Internatinal Electrical Testing Association) recomienda que para mantener un sistema en correctas condiciones se deben realizar comprobaciones de los electrodos de conexiones a tierra cada tres años.

La importancia de la prueba de resistencia a tierra es para obtener información y datos del estado actual de la malla de tierra, verificando realmente si cumple con las condiciones mínimas de protección y seguridad exigidas por:

- OSHA (administración de salud y seguridad ocupacional)
- NFPA (asociación nacional de protección contra el fuego)
- ANSI/ISA (instituto nacional estadounidense de estándares e instrument society of america)
- TIA (asociación de la industria de telecomunicaciones)
- IEC (comisión electrotécnica internacional)

- CENELEC (comité europeo de normalización electrotécnica)
- IEEE (instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos)

Esta es una de las razones más importantes de la necesidad de evaluar, diagnosticar y el diseñar de un buen sistema de puesta a tierra, así como el de su mantenimiento.

### **3.3.2. PRUEBAS VLF**

Las pruebas VLF surgieron para detectar actividad de descargas parciales debidas a malas terminaciones o empalmes, daños superficiales en la cubierta semiconductor y debido a impurezas o cavidades en el dieléctrico, también para detectar rotura térmica, debida a la sobrecarga y al calor que no puede ser disipado por los conductores y rotura por perforación eléctrica producida en el aislamiento por estrés eléctrico.

La prueba de muy baja frecuencia es una prueba utilizada para determinar el aislamiento de los cables no se encuentra dañados y/o defectuosos, se debe utilizar una frecuencia de 0.1 a 0.01 HZ. Esta prueba es común que se realice con voltajes mayores a los de operación, pero también se puede aplicar con voltajes menores al de operación.

Esta prueba es usada para aceptación de cable de media tensión instalado, y también como prueba para la aceptación en reparaciones de aislamiento en el cable.

## **3.4. OBJETIVOS.**

### **3.4.1 OBJETIVOS GENERALES.**

- Disminuir los riesgos al realizar una prueba eléctrica en los Aero generadores.
- Dar a conocer sobre los pasos a seguir al realizar cada prueba.
- Resaltar el equipo de protección personal que se debe de utilizar para cada prueba eléctrica.
- Definir el radio de operación permitido para el personal que no esté realizando las pruebas.

- Resaltar los puntos permitidos según el cliente.
- Evitar consecuencias desfavorables para la actividad física y la salud, tanto hacia la persona que lo realiza como los que están alrededor de las pruebas.
- Establecer las condiciones de seguridad en el área de trabajo.
- definir lo procedimientos de seguridad para realizar las actividades de pruebas eléctricas en los Aéreo generadores.

### **3.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Definir y establecer la metodología adecuada para la administración eficiente de los servicios de Pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento.
- Describir el fenómeno de descarga eléctrica y los daños que causa al Aerogenerador a causa de un mal sistema a tierra.
- Disminuir el riesgo para las personas en caso de rayos.
- Disminuir el costo en mantenimiento por daños a estructuras o cables de potencia.
- Disminuir pérdidas económicas por falta de producción energética en caso de fallo en la instalación.
- Evitar daños graves por impactos y sobre corrientes debido a corrientes de rayo y a los campos electromagnéticos inducidos.
- Establecer los lineamientos necesarios para realizar las pruebas de VLF a los cables de media tensión.
- Minimizar los peligros de muerte de personas y animales.
- establecer un camino de baja impedancia para las corrientes derivadas a tierra y por tanto una eficiente operación de las protecciones.
- Mejorar el sistema de protección contra rayos y conservar las tensiones de paso y contacto dentro de los límites normados.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descargas atmosféricas, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas

de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de las instalaciones.

## 4. FUNDAMENTOS TEORICOS.

### 4.1. PUESTA A TIERRA.

La puesta a tierra de instalaciones eléctricas está relacionada en primer lugar con la seguridad. El sistema de puesta a tierra se diseña normalmente para cumplir dos funciones de seguridad.

La primera es establecer conexiones equipotenciales. Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona, se conecta a través de conductores de conexión eléctrica. La mayoría de los equipos eléctricos se aloja en el interior de cubiertas metálicas y si un conductor energizado llega a entrar en contacto con éstas, la cubierta también quedará temporalmente energizada. La conexión eléctrica es para asegurar que, si tal falla ocurriese, entonces el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductivas expuestas sea virtualmente el mismo.

En otras palabras, la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local, de modo que las diferencias de potencial resultantes son mínimas. De este modo, se crea una «plataforma» equipotencial.

La segunda función de un sistema de puesta a tierra es garantizar que, en el evento de una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno está predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas.

La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocarán la operación de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente.

El diseñador de la protección calcula normalmente el valor requerido de impedancia a través de programas de análisis de fallas y este valor debe comunicarse a los responsables del diseño del sistema de puesta a tierra. Además, la elevación de potencial que experimentará el sistema de puesta a tierra mientras ocurre la falla, debiera ser limitada a un valor preestablecido.

Estas son las funciones que el sistema de puesta a tierra debe cumplir, pero se requiere que se adapten a una amplia variedad de problemas diferentes. El primero es una falla convencional, es decir, la aparición de un deterioro en un cable o la ruptura eléctrica de la aislación fase a tierra en una parte de un equipo.

El equipo puede estar en una subestación, una industria o la casa. Llamamos a ésta una falla de «frecuencia industrial», ya que la mayor parte de la energía disipada en la falla será a esta frecuencia (50/60 hz.).

### **CUAL ES UN BUEN VALOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.**

Existe bastante confusión con respecto a lo que constituye una buena puesta a tierra y cuál debe ser el valor de la resistencia de puesta a tierra. Idealmente, una puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios.

No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5,0 ohmios o menos.

La NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos”. El sector de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohmios o menos como su valor para puesta a tierra y unión.

La meta en la resistencia de puesta a tierra es lograr el mínimo valor de resistencia de puesta a tierra posible que tenga sentido tanto económica como físicamente.

## CONCEPTOS BASICOS DE LA PUESTA A TIERRA.

### COMPONENTES DE UN ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

- Conductor de puesta a tierra
- Conexión entre el conductor de puesta a tierra y el electrodo de puesta a tierra
- Electrodo de puesta a tierra

### UBICACIONES DE LAS RESISTENCIAS

(a) El electrodo de puesta a tierra y su conexión La resistencia del electrodo de puesta a tierra y de su conexión por lo general es muy baja. Las varillas de puesta a tierra por lo general están fabricadas de material altamente conductor y de baja resistencia, como acero o cobre.



(b) La resistencia de contacto de la tierra que rodea al electrodo El Instituto Nacional de Normas (una agencia gubernamental dentro del Departamento de Comercio de los EE. UU.) ha demostrado que esta resistencia es casi insignificante, siempre y cuando el electrodo de puesta a tierra esté libre de pintura, grasa, etc., y que el electrodo de puesta a tierra este en contacto firme con la tierra.

(c) La resistencia de la tierra circundante El electrodo de puesta a tierra está rodeado por tierra que conceptualmente está compuesta de capas concéntricas de idéntico espesor. Dichas capas más cercanas al electrodo de puesta a tierra tienen la cantidad de área más pequeña, y por ende el mayor grado de resistencia. Cada capa subsiguiente incorpora una mayor área, lo cual resulta en una menor resistencia. Esto finalmente llega a un punto donde las capas adicionales ofrecen poca resistencia de puesta a tierra circundante al electrodo de puesta a tierra.

De modo que, tomando como base esta información, es necesario concentrarse en maneras de reducir la resistencia de puesta a tierra al instalar sistemas de puesta a tierra.

## ¿QUÉ AFECTA LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA?

En primer lugar, el código NEC (1987, 250-83-3) requiere que este en contacto con el terreno una mínima longitud del electrodo de puesta a tierra de 2,5 metros (8 pies). Sin embargo, existen cuatro variables que afectan la resistencia de puesta a tierra de un sistema de puesta a tierra:

1. Longitud y profundidad del electrodo de puesta a tierra.
2. Diámetro del electrodo de puesta a tierra.
3. Numero de electrodos de puesta a tierra.
4. Diseño del sistema de puesta a tierra .

### **LONGITUD Y PROFUNDIDAD DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA**

Una manera muy eficaz de disminuir la resistencia de puesta a tierra es hincar los electrodos de puesta a tierra a una mayor profundidad. El terreno no tiene una resistividad constante, y puede ser muy impredecible. Resulta crítico al instalar el electrodo de puesta a tierra que este se encuentre debajo de la línea de congelamiento. Esto se hace para que la resistencia de puesta a tierra no se vea demasiado influida por el congelamiento del terreno circundante.

Por lo general, al duplicar la longitud del electrodo de puesta a tierra, es posible reducir el nivel de resistencia en un 40 % adicional. Hay ocasiones en las que es físicamente imposible hincar las varillas de puesta a tierra a una profundidad mayor; se trata de áreas compuestas de roca, granito, etc. En estos casos, son viables métodos alternativos, que incluyen el uso de cemento de puesta a tierra.

### **DIÁMETRO DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA**

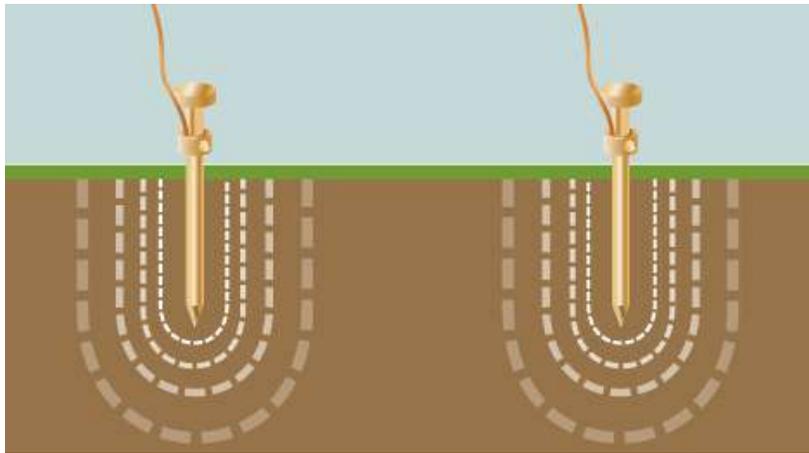
El aumento del diámetro del electrodo de puesta a tierra tiene muy poco efecto en disminuir la resistencia. Por ejemplo, es posible duplicar el diámetro de un electrodo de puesta a tierra, pero la resistencia solo disminuiría en un 10 %.

### **NÚMERO DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA**

Otra manera de disminuir la resistencia de puesta a tierra es utilizar varios electrodos de puesta a tierra. En este diseño, se hinca más de un electrodo en la tierra, y se los conecta en

paralelo, a fin de reducir la resistencia. Para que los electrodos adicionales resulten eficaces, el espaciado de las varillas adicionales debe ser al menos igual a la profundidad de la varilla hincada. Sin un espaciado correcto de los electrodos de puesta a tierra, sus esferas de influencia se interceptarán y no se disminuirá la resistencia.

Para asistirlo al instalar una varilla de puesta a tierra que cumpla con los requisitos específicos de resistencia, puede utilizar la tabla de resistencias de puesta a tierra que aparece a continuación. Recuerde, esta debe utilizarse únicamente como regla general, porque el terreno tiene capas y rara vez es homogéneo. Los valores de resistencia variarían enormemente.



**Ilustración 3.** Cada electrodo de puesta a tierra tiene su propia “esfera de influencia”.

Las plantas y subestaciones deben tener un adecuado sistema de tierra al cual se conectan todos los elementos de la instalación que requieran ser puestos a tierra para:

- ✚ Proveer un medio seguro para proteger al personal que se encuentre en la proximidad del sistema de tierras o de los equipos conectados a tierra de los peligros de una descarga eléctrica debida a las condiciones de falla o por descargas atmosféricas.
- ✚ Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes a tierra, ya sean debidas a una falla a tierra del sistema o a la propia operación de algunos equipos.
- ✚ Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas indeseables a tierra, sin que se excedan los límites de operación de los equipos.

- ✚ Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuado para la eliminación de fallas a tierra.
- ✚ Proveer un medio de descarga y desenergización de equipos, antes de proceder a las tareas de mantenimiento.
- ✚ Dar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.

### **LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA A TIERRA SON:**

- ❖ Red o malla de conductores enterrados, a una profundidad que usualmente varia de (0.3-0.5) 0.50 a (10) 1.5 m, sin ser esto limitativo puesto que depende del tipo de terreno.
- ❖ Electrodo tipo varillas de tierra conectados a la malla de conductores y clavados verticalmente en el terreno, se recomienda al menos una varilla en cada esquina de la malla de tierra.
- ❖ Conductores de puesta a tierra, a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de la instalación y del equipo, que deban ser puestos a tierra incluyendo estructuras metálicas.
- ❖ Conectores apropiados que pueden ser soldables, mecánicos y a compresión. De tal forma que la temperatura de fusión en la unión no sea menos a la temperatura de fusión del conductor que se conecte y que la unión no se deteriore por el medio ambiente en que se instale.

### **METODO DE CAIDA DE POTENCIAL PARA MEDICIÓN DE RESISTENCIA ÓHMICA EN UN SISTEMA DE TIERRAS.**

- Para realizar la medición de la resistencia de la malla de tierra se debe emplear el siguiente método. En caso de que el contratista proponga un método diferente, debe ser aprobado por CFE, lo cual no debe deslindar al contratista de la responsabilidad de sus resultados de medición.
- Las mediciones de resistencia tienen por objeto conocer el valor real de la resistencia de tierra de la red y así determinar la elevación de potencial durante una falla a tierra.
- Los sistemas de tierra como elemento de una subestación deben inspeccionarse y recibir mantenimiento.



- Se recomienda que durante la vida operativa de las instalaciones se lleven a cabo mediciones periódicas de resistencia de la malla de tierra, para comprobar que los valores del sistema de tierra los valores de diseño y que se conservan las condiciones originales a través del tiempo.
- Las características de una conexión a tierra, varían con la composición y el estado físico del terreno, así como de la extensión y configuración de la malla de tierras. El terreno puede estar formando por combinaciones de materiales naturales de diferentes resistividades, puede ser homogéneo y en algunos casos estar formado por granito, arena o roca: materiales de alta resistividad. Consecuentemente, las características de una conexión a tierra (resistencia óhmica) varía con las estaciones del año, las cuales se producen por cambios en la temperatura, contenido de humedad y composición del terreno. Debido a que el grado de humedad del terreno influye en forma importante en el valor de su resistividad, las mediciones deben efectuarse dentro del periodo del año de menor humedad, a efecto de considerar las condiciones menos favorables de resistencia que se refleje en una medición confiable.

## **MATERIAL Y EQUIPO.**

- a) Medidor de resistencia a tierra (óhmetro de tierra), con calibración vigente de acuerdo con la LFMN.
- b) Electrodo de prueba originales que vienen con el equipo medidor de resistencia a tierra, generalmente fabricados en acero templado o acero inoxidable con diámetro de 0.475 a 0.635 cm y longitudes de 30 a 60 cm. Ambos materiales pueden requerir tratamiento térmico para que sean lo suficientemente rígidos para ser insertados en suelos secos o rocosos.

Los electrodos deben de estar contruidos con una manija y una terminal para conectar el cable.

- c) Cable de cobre con aislamiento para 600 v, calibre 0.8236-0.3259 mm<sup>2</sup>. Las terminales deben de tener buena calidad para asegurar una baja resistencia de contacto en los electrodos y el equipo de medición cuando se realicen mediciones con espaciamientos fijos de electrodos puede fabricarse un cable multiconductor con terminales permanentemente localizadas en las distancias requeridas.
- d) Marro para clavar los electrodos.
- e) Guantes de cuero.

### **PROCEDIMIENTO DE MEDICION EN CAMPO.**

El método que se utiliza es el de caída de potencial, este procedimiento involucra la utilización de dos electrodos auxiliares: uno de potencial y otro de corriente. Consiste en hacer que circule una corriente de magnitud conocida (I) a través de tierra o electrodo baja prueba (P) y un electrodo de corriente (C), y medir el efecto de esta corriente en términos de la diferencia de potencial (V): la relación  $V/I$  debe dar el valor de resistencia.

### **PASOS PARA LA MEDICION:**

- A) Seleccionar la dirección en que se van a realizar las mediciones, evitando la influencia de líneas de transmisión, es decir que la línea de acción sobre la cual vamos a realizar las mediciones no esté debajo de líneas de transmisión.
- B) Las dos terminales (P1 Y C1) del aparato de prueba se puentean para conectarse directamente al electrodo de la red de tierras que se pretende probar (este cable debe ser de longitud corta) la terminal de potencial (P2) se conecta al electrodo de potencial (P2) y la terminal de corriente (C2) al electrodo de corriente.

C) Las varillas de prueba P2.C2 deben clavarse a una profundidad de 50 a 60 cm. aproximadamente.

La distancia (d) del electrodo bajo prueba de la red de tierras al electrodo de potencial (P2) se va variando 10 metros y en cada punto se toma la lectura de resistencia (R de acuerdo con el criterio de la persona que efectúa la prueba), considerando siempre obtener los valores (d.R) en los puntos suficientes para poder trazar su curva adecuada.

D) La distancia (L) a la que se debe clavar el electrodo de corriente C2 debe ser igual a 4 veces el diámetro equivalente de la superficie de la malla de tierra (4D) y se calcula partiendo del círculo equivalente de la superficie que cubre la red de tierra, generalmente la superficie es rectangular, por lo que se tienen:

$$A \text{ malla} = I \times a$$

A malla = superficie malla a tierra

I = Largo de la malla

a = Ancho de la malla

El área o superficie de un círculo es

$$A_c = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

A<sub>c</sub> = Área o superficie del circuito.

D = Diámetro del círculo.

Igualando: A malla = A<sub>c</sub>

Se obtiene:

$$I \times a = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

De donde

$$D = 2 \sqrt{\frac{I \times a}{\pi}}$$

Donde:

D= Diámetro equivalente de la superficie que cubre la red de tierra de aquí se obtiene L = 4 D.

- E) Se energiza el instrumento (acorde a su instructivo) y se toman las lecturas respectivas de resistencia en ohms.
- F) En la última medición se cortocircuita la varilla de potencial con la varilla bajo prueba, el valor obtenido en ohms se resta al valor real de la resistencia.
- G) Se debe realizar esta medición en época de estiaje.

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

Los valores obtenidos de resistencia se grafican contra la distancia. En esta curva, la parte plana u horizontal, nos indica la resistencia real ( $R_1$ ) de la red de tierra que se ha probado (por experiencia, la resistencia óhmica real obtenida mediante este método. Se aproxima al 62 % de la distancia total  $L$ ).

El valor obtenido se checa contra el valor en ohms de la red de tierra que debe tener la planta o subestación.

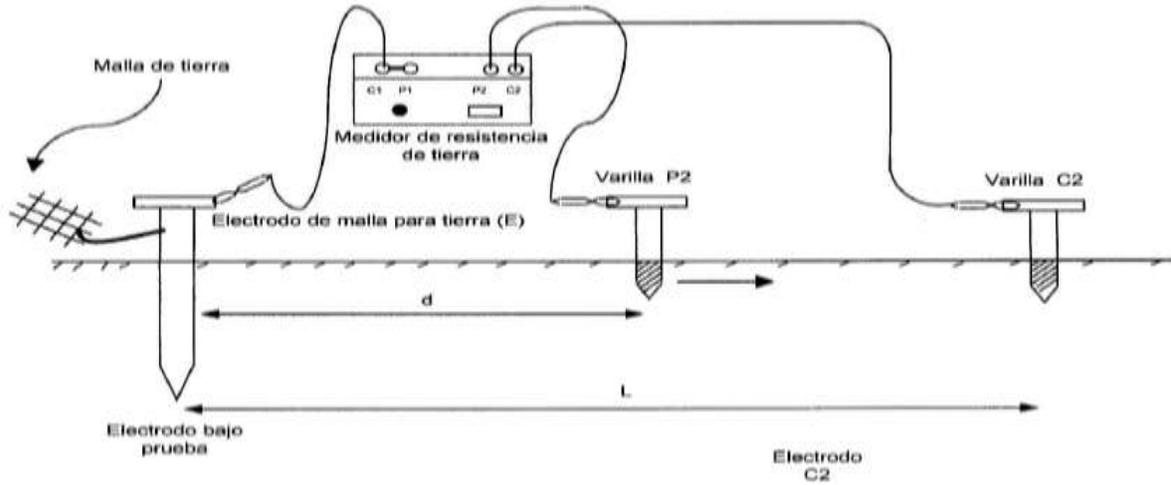
Es importante antes de realizar la medición de la malla de tierra, realizar un barrido dentro de la planta o subestación para verificar que haya continuidad y no se encuentre fracturada la malla o red. [10] [11]

**TABLA 1**-Constantes de materiales.

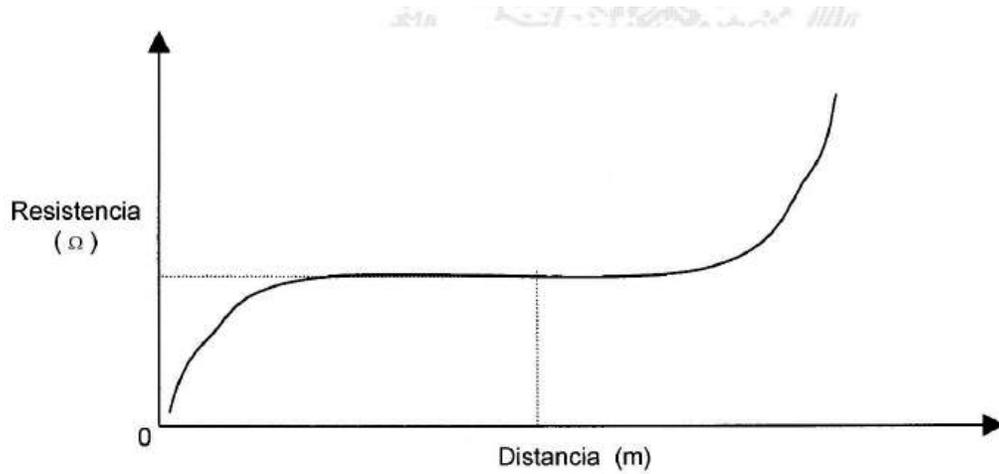
Descripción	Conductividad del material (%)	Factor $\alpha$ a 20 °C	$K_s$ al 0 °C (0 °C)	Temperatura de fusión $T_m$ (°C)	$\rho_r$ 20 °C ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )	Factor de capacidad térmica por unidad de volumen (d) TCAP [ $\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ]
Cobre recocido suave – inmersión	100.0	0.00393	234	1 083	1.72	3.42
Cobre comercial inmersión – dura	97.0	0.00381	242	1 084	1.78	3.42
Cobre revestido alambre de acero	40.0	0.00378	245	1 084	4.40	3.85
Cable revestido alambre de acero	30.0	0.00378	245	1 084	5.86	3.85
Cable revestido barra de acero	20.0	0.00378	245	1 084	8.62	3.85
Aluminio grado EC	61.0	0.00403	228	657	2.86	2.56
Aluminio aleación 5005	53.5	0.00353	263	652	3.22	2.60
Aluminio aleación 6201	52.5	0.00347	268	654	3.28	2.60
Aluminio revestido alambre de acero	20.3	0.00360	258	657	8.48	3.58
Acero 1020	10.8	0.00160	605	1 510	15.90	3.28
Acero revestido barra de acero	9.8	0.00160	605	1 400	17.50	4.44
Zinc bañado barra de acero	8.6	0.00320	293	419	20.10	3.93
Acero inoxidable 304	2.4	0.00130	749	1 400	72.00	4.03

**TABLA 2-** Valores típicos de factor de decremento Dr.

Segundos	Ciclos A 60 Hz	X/R = 10	X/R = 20	X/R = 30	X/R = 40
0.00833	0.5	1.576	1.648	1.675	1.688
0.05	3	1.232	1.378	1.462	1.515
0.10	6	1.125	1.232	1.316	1.378
0.20	12	1.064	1.125	1.181	1.232
0.30	18	1.043	1.085	1.125	1.163
0.40	24	1.033	1.064	1.095	1.125
0.50	30	1.026	1.052	1.077	1.101
0.75	45	1.018	1.035	1.052	1.068
1.00	60	1.013	1.026	1.039	1.052



**Ilustración 4.** Medición de resistencia de tierra, método de caída de potencial.



**Ilustración 5.** Curva de resultados.

#### 4.1.1. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN LAS TURBINAS EÓLICAS.

##### ART. 13.- Puesta a tierra en turbinas

En cada turbina eólica deberá ser construido un sistema de puesta a tierra. Para la conexión a tierra de la turbina eólica, el refuerzo metálico de los cimientos de la torre deberá ser integrado e interconectado con el sistema de puesta a tierra que se desee instalar. Es recomendable el uso de los cimientos de la estructura y del edificio de control como sistema de puesta a tierra debido a la protección que ofrece el concreto a la corrosión de los conductores como se muestra en la siguiente ilustración.

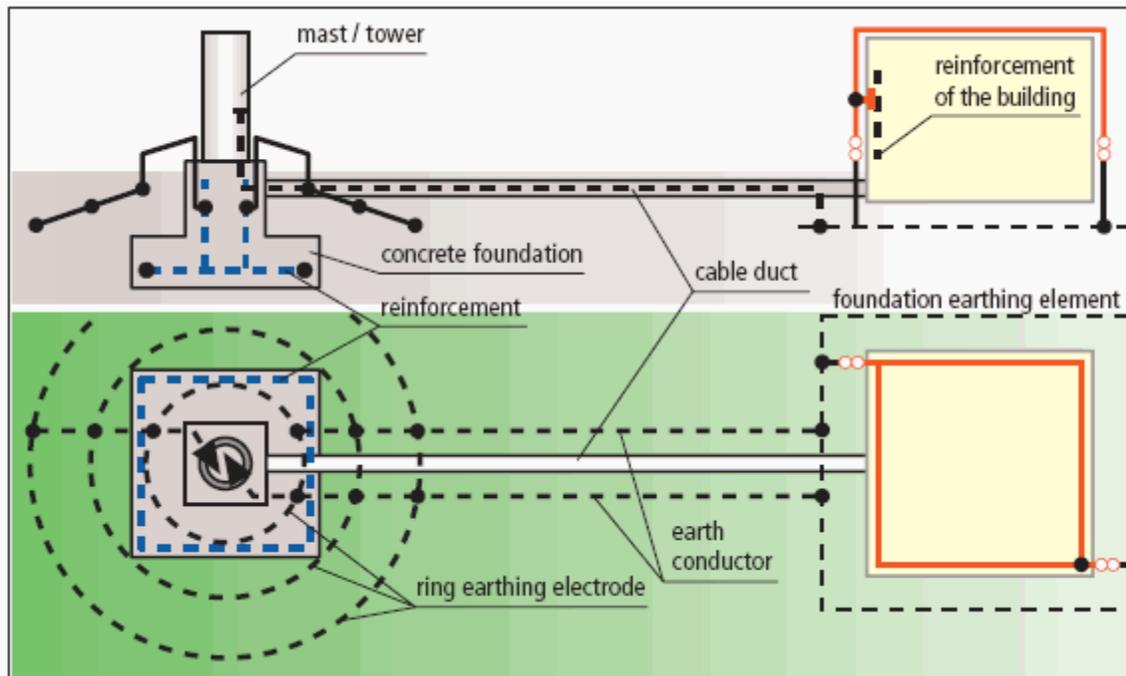


Ilustración 6. Ejemplo de conexión de la puesta a tierra a los cimientos de la estructura.

##### ART. 13.1.-Puesta a tierra del equipo.

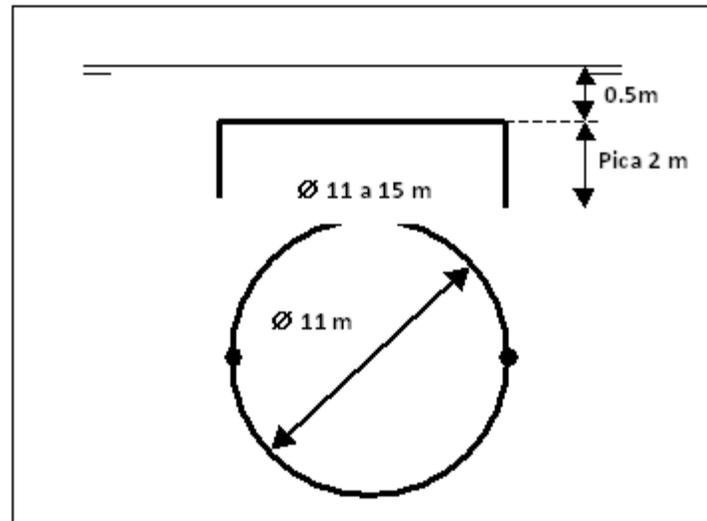
Las partes metálicas de los marcos de los módulos, del equipo y de las envolventes de conductores que no lleven corriente eléctrica, deben ser puestas a tierra sin importar la tensión eléctrica.

**ART. 13.2.-Métodos de puesta a tierra de los aerogeneradores.**

La puesta a tierra de aerogeneradores deberá ser de los siguientes 3 tipos:

Tipo 1

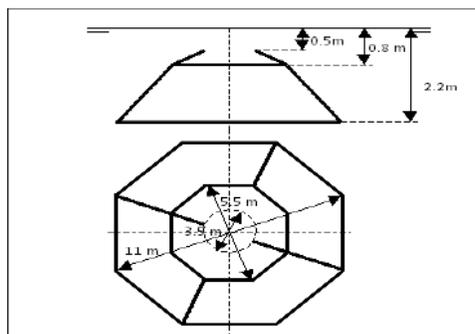
Se construirá un círculo alrededor de la base del aerogenerador, con un diámetro de 11 m aproximadamente, en el que en dos extremos opuestos se disponen dos varillas de 2 m de longitud.



**Ilustración 7.** Geometría de puesta a tierra, tipo 1.

Tipo 2

Se construirá un octógono como geometría base para la realización de la puesta a tierra. En este caso se disponen dos octógonos introducidos en el terreno a dos niveles distintos.



**Ilustración 8.** Geometría de puesta a tierra, tipo 2.

### Tipo 3

Se construirá un anillo interior a la torre del aerogenerador alrededor del perímetro interno de la torre; otro anillo concéntrico y exterior a la base del aerogenerador sobre la cimentación del mismo y un anillo de forma cuadrada concéntrico exterior a la cimentación unido por cuatro puntos a los redondos de acero situados en los puntos medios de las aristas externas de la cimentación. Estos tres anillos concéntricos se unen formando una superficie equipotencial, como se observa en la ilustración 67. En caso de no obtener una resistencia adecuada, se sugiere añadir dos varillas a un metro de distancia del cuadrado.

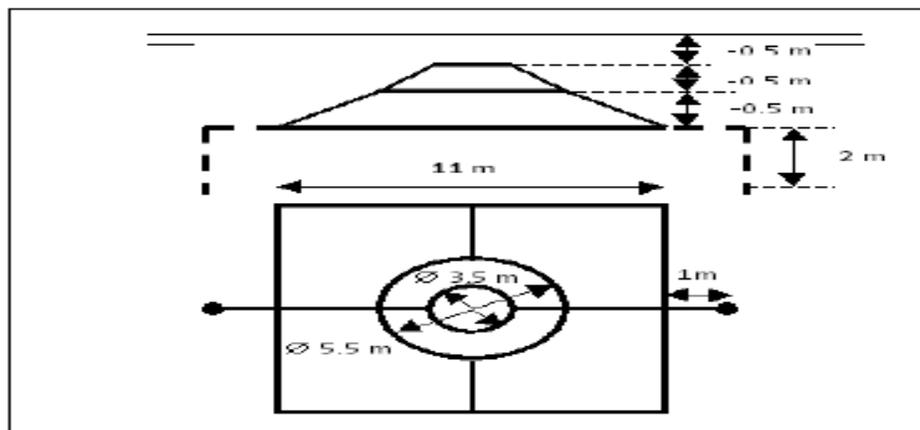


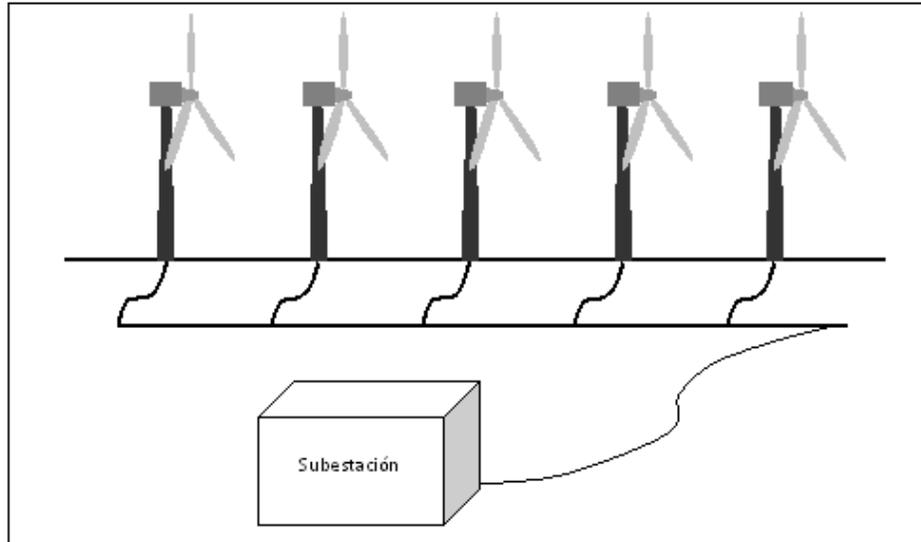
Ilustración 9. Geometría de puesta a tierra, tipo 3.

### ART.13.3.-Interconexión de aerogeneradores con planta de transformación.

Se deberá interconectar la puesta a tierra de la base de la torre con la puesta a tierra del edificio de control con el objetivo de obtener un sistema de puesta a tierra equivalente con la mayor superficie posible.

### ART.13.4.-Mínimo de aerogeneradores conectados a un circuito de tierra.

En parque eólico donde se instalen como mínimo 5 aerogeneradores se deberá poner la puesta a tierra de cada turbina eólica en grupos. Esta unión se realizará en grupos de cinco unidades mínimo y se conectará después al sistema de puesta a tierra de la subestación correspondiente. Así, desde la red de media tensión se deriva en forma de T a cada turbina eólica, mediante soldadura aluminotérmica. [10]



**Ilustración 10.** Conexión de aerogeneradores en forma de “T”.

#### 4.2. PRUEBAS VLF.

VLF son las siglas usadas habitualmente para referirse a Very Low Frequency. Se considera generalmente que VLF es 0,1 HZ o menos.

El equipo es simplemente un probador de aislamiento en corriente alterna, que trabaja a muy baja frecuencia. En 0,1 HZ, la duración de un ciclo completo es de 10 segundos, en vez de los 20 milisegundos correspondientes a 50 HZ. Los equipos VLF han sido usados durante décadas para pruebas de máquinas rotantes (IEEE 433-1974).



Las pruebas VLF se usa en cualquier aplicación que requiera pruebas C.A., sobre cargas de alta capacidad. La mayor aplicación es para probar el dieléctrico de cables, seguido de pruebas de grandes maquinas rotantes, y ocasionalmente para pruebas de aisladores, interruptores y tableros eléctricos. El Hipot VLF es también una herramienta muy eficaz

para el acondicionamiento de fallas en cables (reducción de la tensión de ignición o de cebado de una falla).

## TENSIONES DISPONIBLES EN EQUIPOS VLF.

Hoy en día los probadores de aislación con tecnología VLF, se comercializan en tensiones máximas que van de los 20 a los 200 KV, pero un factor a tener en cuenta al momento de seleccionar un equipo VLF, es su capacidad de carga máxima de prueba, existiendo modelos desde los 2  $\mu$ f, hasta los 55  $\mu$ f.

## EXPLICACION DE POR QUE SE UTILIZA 0.1 HZ.

EJEMPLO:

Un cable de 3,048 m de 15 kv tiene aproximadamente 1 F de capacidad.

La reactancia capacitiva a 60 HZ es:  $X_c$  = Reactancia capacitiva.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$I ] = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{2\pi (60 \text{ Hz} (10^{-6} f))} = 2.650 \Omega$$

Para aplicar una tensión de prueba de 22 kv, recomendado por la IEEE, se requeriría de una fuente de alimentación con capacidad de 8.3 A ó 183 KVA. Obviamente no practico para uso en campo.

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{22.000 \text{ v}}{2.650 \Omega} = 8.3 \text{ A}$$

Pero, en 0.1 Hz, la reactancia capacitiva se reduciría a:

$$X_c = \frac{1}{2\pi F C} = \frac{1}{2\pi (0.1 \text{ Hz} (10^{-6} f))} = 1.6 \text{ M}\Omega$$

Entonces, ahora para los mismos 22 KV. Se requerirían solo de:

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{22.000 \text{ v}}{1.6 \times 10^6 \Omega} = 14 \text{ mA}$$

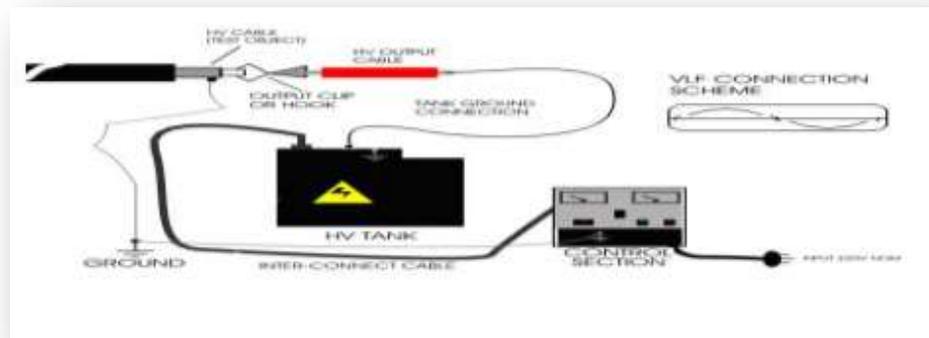
De esta forma, para los mismos 22 KV aplicados, se requiere 14 mA únicamente (0.302 KVA), para energizar la muestra, o sea una potencia 605 veces menor 605 que a 60 HZ.

Además, esto demuestra que, con la misma potencia, a 0.01 HZ, se puede llegar a probar un cable 6000 veces más largo que uno en 60 HZ.

### REALIZACIÓN DE UN ENSAYO EN VLF.

Al igual que en una prueba de aislación normal (tensión resistiva), los ensayos conducidos con equipos VLF, requieren que la muestra (cable mono polar en este caso), se encuentre aislado en su conductor central, y con su pantalla a tierra. Se conectará la salida de alta tensión del VLF a dicho conductor: y la tierra del equipo, rígidamente unida a la tierra del sistema. Luego se aplicará la tensión de prueba hasta el máximo requerido de ensayo, y durante un tiempo prefijado: ambas variables (tensión máxima/tiempo), se encuentran establecidas en las normas IEEE.400.2-2004.

Como en todo ensayo de tensión resistiva, los resultados serán expresados en términos simples de pasa/ no pasa (ruptura o no ruptura).



## **FORMA DE ONDA DEL VLF.**

Es de esperarse que una unidad VLF genere una onda senoidal casi perfecta a su salida. Sin embargo existen diseños alemanes de unidades VLF, que generan una forma de ondas trapezoidales o cuadradas, con transmisiones cosenoidales entre polos. A menudo intentan difundir que es superior a la onda senoidal, Pero en realidad no existen muchas opciones para este argumento, y, en definitiva, solo es cierto que no fabrican VLF con onda senoidal. ¿cómo se puede argumentar contra una señal senoidal.

Pero el detalle a tener en cuenta (suma importancia), es que para que una unidad VLF pueda ser utilizada además, como fuente de T en ensayos de diagnósticos de cables ( ensayos complementarios), entre ellos: tangente delta y descargas parciales, deben producir si o si una señal senoidal a su salida, por lo tanto, más allá de los slogan publicitarios, aquí se torna imprescindible al momento de decidir la compra de una unidad VLF, el observar atentamente en sus especificaciones, que tipo de onda genere.

## **TENSION DE PRUEBA Y DURACION.**

Los organismos IEE/EPRI/CEA y otros entes mundiales de ingeniería y normalización, recomiendan niveles de prueba para dieléctrico de cables de 2 a 3 veces la tensión  $U_0$ , durante 15 minutos.

Para un cable de 15 Kv, que normalmente tiene una tensión  $U_0$  de 7,2 Kv a 8Kv, la prueba se realizara a 22 Kv. Un sistema de 25 Kv se prueba 40 Kv y un sistema de 69 Kv se prueba a 120 Kv.

TENSION	INSTALACION	ACEPTACION	MANTENIMIENTO
rms voltage in kV	rms or (peak voltage)	rms or (peak voltage)	rms or (peak voltage)
5	9 (13)	10 (14)	7 (10)
8	11 (16)	13 (18)	10 (14)
15	18 (25)	20 (28)	16 (22)
25	27 (38)	31 (44)	23 (33)
35	39 (55)	44 (62)	33 (47)
IEEE Std 400.2-2004	30 minutos @ 0,1 Hz	30 minutos @ 0,1 Hz	15 minutos @ 0,1 Hz

## LA PRUEBA VLF ¿UNA PRUEBA DESTRUCTIVA?

Depende de su significado. La prueba de Hipot VLF no deteriora al cable ensayado, cómo lo hace la prueba en C.C., donde el daño real al aislamiento se produce durante la prueba, causando así posibilidades de futuras fallas.

Por el contrario, el ensayo en VLF, no causa deterioro al aislamiento por su simple aplicación, ya que se trata de corriente alterna, la misma corriente para cual ha sido diseñado el cable durante su servicio. De hecho, todo cable es probado en fabrica (ensayo de tipo), con C.A., a más altos niveles que en una prueba de campo.

Cuando la gente dice que las pruebas VLF son destructivas, tienen razón en el caso de que el cable o sus empalmes estén defectuosos, ya que se tratara de forzarlos a la ruptura durante la prueba, que es precisamente lo que debe ocurrir y lo que se está buscando.

Por otro lado y para hablar correctamente, todas las pruebas de tensión resistida, (Withstand tests), tanto en C.C / C.A. como en VLF, son consideradas pruebas del tipo destructivas por la IEEE no porque su simple aplicación intente destruir a la muestra bajo ensayo, si no porque las conclusiones de estos ensayos estarán siempre referidas a términos de “Pasa no Pasa” (soporta o no soporta), existiendo por lo tanto la posibilidad, que la muestra por su conducción de defectuosa, falle durante la prueba.

## POSIBILIDAD DE QUE UN CABLE FALLE DURANTE LA PRUEBA.

Precisamente esta es la intención de la prueba VLF. No es una prueba de diagnóstico (condition assessment testing), es una prueba de tensión aplicada en C.A.. No hay que tomar lecturas de corriente de fuga. (las corrientes de fuga C.C. dicen poco acerca de la calidad de un cable).

Un cable o soporta (resiste) la tensión de ensayo, o falla durante el mismo. Si un cable tiene defecto, y por lo tanto no resiste la aplicación de 2 o 3 veces su tensión nominal, significa que no durara en servicio. La idea base es, que si el cable tiene que fallas, que lo haga entonces durante la prueba, y no cuando este en servicio.



### **NORMATIVA DE LOS ENSAYOS VLF.**

Casi todos los entes de ingeniería del mundo. EPRI, IEE, CEA (Asociación Eléctrica canadiense), y otras organizaciones de ingeniería de otros países, casi todos los fabricantes de cables del mundo han aceptado la efectividad del uso del VLF. Las normas de pruebas VLF alemanas (normas DIN-VDE 0276-629 Y 0276-1001) existían desde hace 8 años, IEEE han escrito la norma de pruebas de cables VLF (IEEE 400-2001), y la norma IEEE 433 para pruebas VLF de máquinas rotativas, ya tienen una vigencia de nada menos que 20 años.

IEEE Std400-2001 Enero del 2002 (Revisión de la IEEE Std400-1991)  
GUIA PARA ENSAYOS EN CAMPO Y EVALUACION DE LA AISLACION  
DE CABLES DE POTENCIA APANTALLADOS

La norma IEEE std 400-2001 (reemplazante de la IEEE std400-1991), se define como una guía que intenta describir los procedimientos de ensayo de cables instalados, contemplando

los distintos tipos o clases de tensiones de prueba que pueden ser utilizados, entre ellos el Very Low Frequency.

## ¿POR QUÉ LA TECNOLOGIA VLF NO HA SIDO DIFUNDIDA MAS AMPLIAMENTE?

La tecnología VLF no es nueva. Sin embargo, la razón de no haber sido utilizada más ampliamente más allá de su primitiva aplicación en ensayos de máquinas rotantes, es porque solo en los últimos 5-10 años se ha logrado determinar que las pruebas en C.C. daña el dieléctrico del cable, y son un medio ineficaz para determinar su calidad.

Las pruebas de VLF en campo, no fueron factibles hasta que H.V.Inc. desarrollará las primeras líneas de equipos, verdaderamente portátiles, y con salida senoidal, produciendo unidades a gran escala. Hoy en día, funcionan en todo el mundo, centenares de unidades VLF.



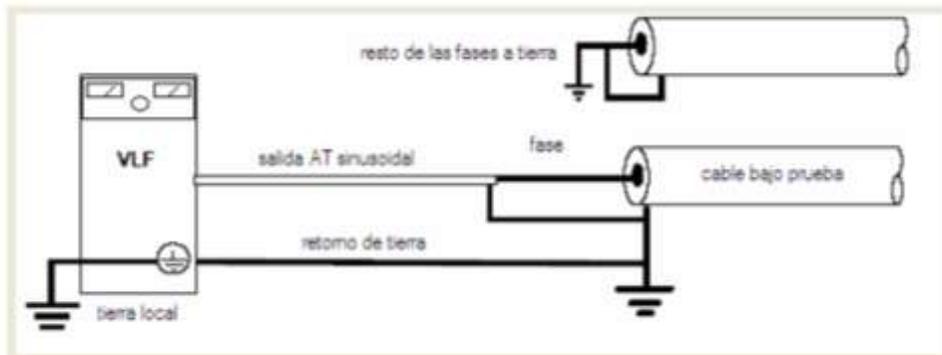
## ALTERNATIVAS DE PRUEBAS A CABLES INSTALADOS.

En realidad, no hay muchas opciones.

El ensayo con C.C. no puede ser aplicado durante mucho tiempo. Daña el aislamiento del cable y dice poco sobre su calidad. Sin embargo, siguiendo con esta tradición, muchas empresas han optado por reducir la tensión de prueba clásica de 4-5 veces la tensión normal  $U_0$ , a bastante menos, como método de reducir “los riesgos” pero perdiendo en definitiva la finalidad del ensayo en sí.

Otras han reducido la tensión de prueba para cables de 15 KV aplicando 15 KV C.C., a pesar que 15 KV es un poco menos que la tensión de pico en C.A. del mismo cable en servicio.

Esta prueba es inútil, excepto quizás para exponer cortocircuito, o errores groseros existentes. [11]



#### 4.2.1. PRUEBAS VLF.

La norma IEEE std 400-2001 (reemplazante de la IEEE std400-1991), se define como una guía que intenta describir los procedimientos de ensayo de cables instalados, contemplando los distintos tipos o clases de tensiones de prueba que pueden ser utilizadas:

<p>a)- Corriente Continua. (0Hz) b)- Frecuencia Industrial. (50Hz) c)- Very Low Frequency. (VLF&lt;1Hz)</p> <p>Siempre validando los tres tipos de tensiones de ensayos, la IEEE Std 400-2001 expresa las ventajas, desventajas, y las recomendaciones prácticas de cada aplicación.</p>	
<p>Referenciar a la Norma <b>IEEE Std400-2001</b>, únicamente como la norma que recomienda la utilización del VLF en los ensayos , o como aquella que descarta la utilización de Corriente Continua sobre los cables de aislación seca, no es una correcta interpretación</p>	

Las ventajas y beneficios del VLF tienen más de cincuenta años en el ámbito de los ensayos para maquinas rotantes, con un prestigio ganado por sus amplias ventajas en el campo de la investigación predictiva de defectos.

El cumplimiento básico de la IEEE std400-2001, establece que la tensión de ensayo a aplicar en VLF, debe ser de 2 a 3 veces la tensión fase a tierra del cable bajo prueba, durante 15 a 60 minutos, pero expresada en valores pico.

## **ENSAYOS DE CABLES EN CORRIENTE CONTINUA-FRECUENCIA INDUSTRIAL Y VERY LOW FREQUENCY (VLF).**

Por muchos años, la tradición de utilizar corriente continua en los ensayos de cables de media tensión, para evaluar su estado de aislamiento, ha sido indiscutiblemente aceptada. Fabricantes de cables y de equipos de pruebas, han coincidido en las ventajas y beneficios que ofrece este método, especialmente sobre los cables de papel aceite tipo PILC (paper-and oil-insulated, lead-covered).

A partir del año 1994, con el advenimiento de las nuevas aislaciones termoplásticas extruidas, estos beneficios comenzaron a ser puestos bajo sospecha. Recientes estudios y publicaciones están aún tratando de unificar criterios para determinar cuáles serían los motivos-causas y consecuencias que la aplicación de una corriente continua de prueba, produciría sobre los cables del tipo XLPE (Cross-linked polyethylene).

El Electric Power Research Institute (EPRI), trabajando sobre historiales de cables XLPE Y EPR (Ethylene Propylene Rubber), ha logrado hasta el momento solo publicar dos escritos (TR-101245 Y EL-6902), con las siguientes conclusiones, referidas únicamente a cables XLPE:

- A) Las pruebas realizadas con corrientes continua, sobre cables de media tensión XLPE ya instalados y degradados por el paso del tiempo, reduce su vida útil.
- B) Las pruebas de corta duración realizadas con C.C. en cables de M.T. CLPE, nuevos o recién instalados (prueba de instalaciones-antes de su energización), no causaran reducción de su vida útil.

La confusa situación ha llevado a e la siguiente:

- 1) Algunas normas descartan totalmente la utilización de la cc en los ensayos de mantenimiento (cables instalados con años de servicio).

- 2) Otras en cambio aceptan la aplicación de cc. En cables instalados, pero con no más de cinco años en servicio.
- 3) Otras admiten el ensayo, pero limitan la duración del mismo, de 5 a 15 minutos solamente.
- 4) Ninguna acepta el ensayo de cc en los ensayos de fábrica sobre cables XLPE.
- 5) Todas aceptan la aplicación de cc en los ensayos de cables recién instalados.
- 6) A todo esto, y para agregar un poco más de incertidumbre al tema, la norma IEEE400-2001, expresa que durante los ensayos de cables (específicamente XLPE), ya degradados por el tiempo y bajo entornos húmedos la aplicación de corriente continua “podría causar”, que dichos cables fallen luego de ser retornados al servicio.

## **LOS ENSAYOS DE CABLES Y SUS CATEGORIAS.**

IEEE std400-2001 establece seis tipos de ensayos en campo para cables de energía con pantalla, que pueden ser resumidos en dos categorías, según los fines que se pretendan de los mismos.

**1° categoría: Ensayos de tensión resistida** (withstand tests): son aquellos ensayos en que las conclusiones son del tipo “pasa / no pasa” (pass/fail – go/no go), sin producir conclusiones sobre el estado de aislamiento.

Están basados en el siguiente principio: si durante la realización del ensayo, los cables soportan o resisten una determinada sobre tensión, entonces los mismos serán considerados como aceptados; esto es equivalente a arrojar un determinado elemento frágil al suelo, y si no se rompe, entonces será considerado como resistente a la caída, sin tener en cuenta que

estado de deterioro interno posee (diagnostico), ya que esto último no está considerado dentro del alcance de este ensayo.

En esta categoría destacan los siguientes ensayos:

- a) Corriente continua.
- b) Very Low Frequency.**
- c) Ondas oscilatorias.
- d) Frecuencia industrial



**2° CATEGORIA: Ensayos predictivos o de evaluación de estado**  
(condition assessment testing).

A diferencia de la categoría anterior, estos ensayos están basados en determinar o medir las características de la aislación y en qué grado de deterioro se halla la misma.

En esta categoría se destacan los siguientes ensayos.

- a) Ensayos de descargas parciales.
- b) Ensayos de factor de disipación (tangente delta).

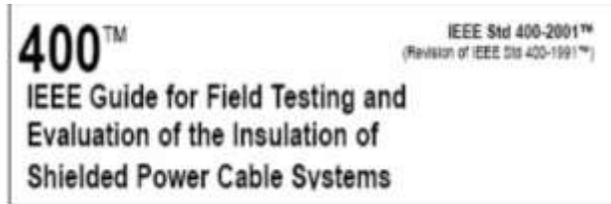
De todas formas, la realización de muchos de estos ensayos, requieren también de la aplicación de una sobretensión, que puede conducir a la ruptura de la aislación, durante el procedimiento de prueba.

**NORMATIVAS IEEE VIGENTES PARA APLICACION Y USO DEL VLF EN CABLES DE ENERGIA.**

IEEE std400-2001 enero del 2002 (Revisión de la IEEE std400-1991)

GUIA PARA ENSAYO EN CAMPO Y EVALUACION DE LA AISLACION DE CABLES DE POTENCIA APANTALLADOS.

Describe varios métodos de ensayo en campo sobre cables apantallados de 5 a 500 KV, incluyendo equipos y formas de señales en VLF.



IEEE std400.2-2004 marzo del 2005

Guía para ensayos en campo de cables de potencia apantallados usando VLF

Describe los ensayos de tensión resistida (Withstand), y de diagnóstico (diagnostics), y como deben ser realizadas las mediciones en campo sobre cables de potencia apantallados, extruidos o laminados. [11]



#### 4.2.2. DETECTOR DE AUSENCIA DE TENSION ANALOGICO CON PERTIGA-MEDIA TENSION OPTICO.



Indicador de presencia de tensión mediante lámpara LED.

Auto verificación mediante generador piezoeléctrico integrado.

Funcionamiento sin pila.

Utilización en interior mediante pértiga aislante adecuada a la gama de tensión del detector.

Elemento de unión a la pértiga: conexión universal. [10]

### 4.2.3. PERTIGA CON GANCHO DE RESCATE.

#### Descripción

La pértiga de rescate es una herramienta que permite retirar a un trabajador de una ubicación peligrosa. Está diseñada y fabricada para proporcionar un excelente aislamiento eléctrico y una resistencia mecánica que garantice su funcionamiento siempre.

El gancho de rescate está fabricado en acero templado recubierto con una capa de PVC color amarillo de gran visibilidad y excelente resistencia a la corrosión.



#### Aplicaciones

El Gancho de Rescate Aislado es una valiosa herramienta en cualquier lugar de trabajo. Se utiliza para retirar a una persona herida de un área peligrosa. En lugares confinados, en cámaras subterráneas o simplemente cerca de gabinetes eléctricos e interruptores, son lugares en los que esta herramienta es sumamente útil.

#### Normas

El voltaje nominal de diseño cumple con la norma americana ASTM F-711.

#### LIMITACIONES DE USO

- No usar cuando la pértiga se encuentre húmeda, fracturada o en mal estado.

- Probada para uso en equipos electrificados con tensión de operación máxima de 36kV.
- El área protegida es hasta la guarda al final de la empuñadura. [11]



#### 4.2.4. CONECTADORES DE OPERACIÓN CON CARGA.

200 A Clase 15 kV Boquilla Tipo Inserto de Operación con Carga.

La Boquilla Tipo Inserto de Cooper Power Systems se enrosca en una boquilla tipo pozo universal para proporcionar la misma función que una boquilla integral de operación con carga. Al utilizar boquillas tipo inserto hacen posible y eficiente la instalación y su reemplazo en campo. Las boquillas tipo inserto y los conectadores tipo codo comprenden los componentes esenciales de todas las conexiones de operación con carga.

La Boquilla Tipo Inserto utiliza un sistema patentado de “TRAYECTORIA DE CORRIENTE DE PURO COBRE”, que contiene un solo punto de transferencia de corriente, dentro del mismo inserto. La sencillez del diseño de la trayectoria de la corriente proporciona un desempeño confiable y superior.

Un hueco hexagonal interno permite la instalación con una torsión positiva controlada. Al utilizar la herramienta de torsión opcional, la boquilla tipo inserto puede ser ajustada

apropiadamente dentro de la boquilla tipo pozo sin el temor de romper el perno de la boquilla tipo pozo.

El exclusivo anillo indicador de cierre de Cooper, localizado en la circunferencia exterior de la boquilla, elimina la incertidumbre al instalar el conector tipo codo en la boquilla tipo inserto. El anillo de color amarillo brillante proporciona una señal inmediata para determinar si el codo está instalado adecuadamente en el inserto. Si el anillo amarillo está completamente cubierto por el codo, está cerrado por completo. Si el anillo está visible, el codo puede ser instalado correctamente antes de que ocurra cualquier problema.

La boquilla tipo inserto cumple con todos los requerimientos de la norma IEEE Std 386™. Cuando se instala con un componente de características similares, la boquilla tipo inserto proporciona una conexión sellada y sumergible para operaciones de apertura y cierre con carga.



**Ilustración 11.** Boquilla Tipo Inserto con anillo indicador de cierre y “Trayectoria de Corriente de Puro Cobre” para las aplicaciones en transformadores, equipos de protección y desconexión y otros.

## INSTALACIÓN

No se necesitan herramientas especiales. El inserto puede ser instalado a mano o con la ayuda de una llave de torsión. Se puede lograr una instalación consistente y fácil si se utiliza la herramienta de torsión opcional y la base con el hueco hexagonal. Refiérase a la Hoja de Instructivo de Instalación S500-12-1 para más detalles.

## PRUEBAS DE PRODUCCIÓN

Las pruebas son realizadas de acuerdo con la norma IEEE 386™:

< Voltaje de aguante, 1 minuto a 60 Hz VAC – 34 kV

< Nivel mínimo de voltaje corona – 11kV Pruebas realizadas de acuerdo con los requerimientos de Cooper Power Systems:

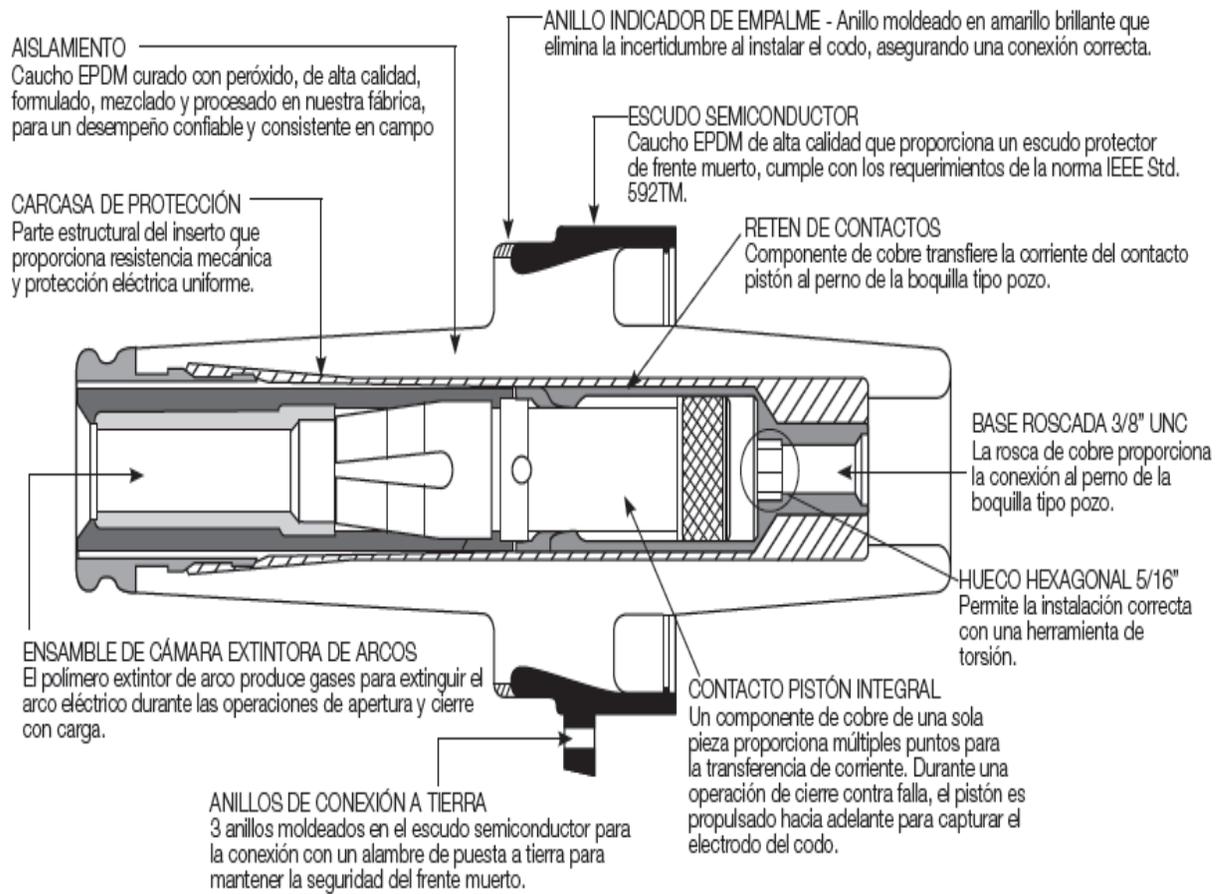
< Inspección Física

< Disección Periódica

< Análisis Fluoroscopia Periódico.

**Tabla 3.** Las clasificaciones y características de voltaje son de acuerdo a la norma IEEE 386™

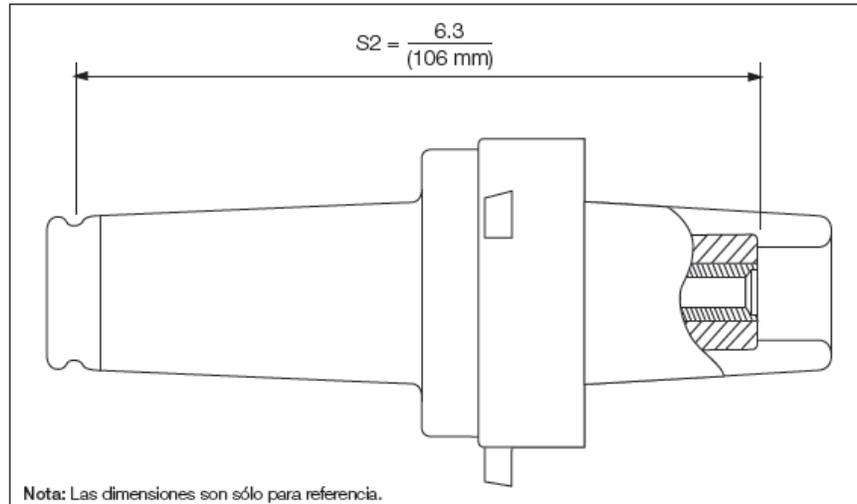
Descripción	kV
Clase de Voltaje	15
Voltaje Máximo Fase a Fase	14.4
Voltaje Máximo Fase a Tierra	8.3
Voltaje de Aguante, 1 minuto a 60 Hz CA	34
Voltaje de Aguante 15 minutos CD	53
BIL y Cresta de Onda Completa	95
Nivel Mínimo de Voltaje Corona	11



**Ilustración 12.** Diagrama de la Boquilla Tipo Inserto ilustrando la sencillez del diseño de la trayectoria de corriente (Patente No. 5,277,605).

**Tabla 4.** Las clasificaciones y características de voltaje son de acuerdo a la norma IEEE 386™

Descripción	Amperes
Continuo	200 A rmc (eficaz)
Operación (apertura y cierre)	10 operaciones a 200 A rmc (eficaz) a 14.4 kV
Cierre Contra Falla	10,000 A rmc (eficaz) simétricos a 14.4 kV por 0.17 s después de 10 operaciones de apertura y cierre
Tiempo Corto	10,000 A rmc (eficaz) simétricos por 0.17 s 3,500 A rmc (eficaz) simétricos por 3.0 s



**Ilustración 13.** Perfil de la Boquilla Tipo Inserto y dimensiones de apilamiento, como se indica en la Figura 13 de la norma IEEE Std 386TM.



**Ilustración 14.** Herramienta de Torsión para instalar la boquilla inserto. [10]

#### 4.2.5. GUANTES DIELECTRICOS.



UNE EN 60903 : 2003  
CEI 60903 : 2002



(\* ) Añadir la talla :  
10 = talla 10, 11 = talla 11

**Ilustración 14.** Guantes dieléctricos clase 4 (36 KV).

## UTILIZACION.

- Protección individual contra los choques eléctricos en trabajos en tensión de 36.00 v.
- Estos guantes de látex deben utilizarse con sobre guantes de cuero para una protección mecánica.
- Se recomienda el uso de bajo guantes finos de algodón para una mayor comodidad e higiene.

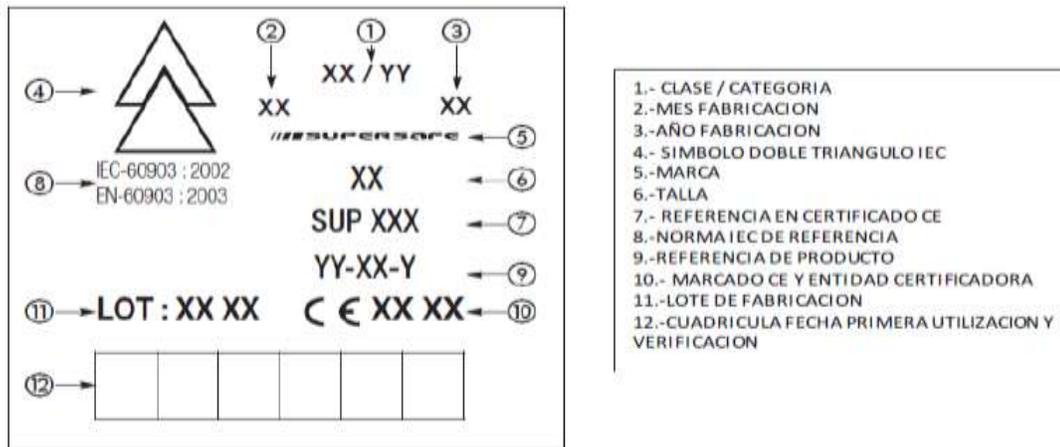
## CARACTERISTICAS.

- ✚ Conforme a la UNE EN 60903:2003, equivalente a la CEI 60903:2002
- ✚ Guantes aislantes de clase 4 (36.000 v)
- ✚ Equipo de protección individual (EPI) Categoría III.
- ✚ Forma cercana a la mano para asegurar una buena ergonomía y una buena sensibilidad.
- ✚ categoría RC (resistencia a ácidos aceites, ozono y muy bajas temperaturas)
- ✚ Marcaje de guantes conforme la CEI 60903.
- ✚ Manual de utilización.

## GAMA.

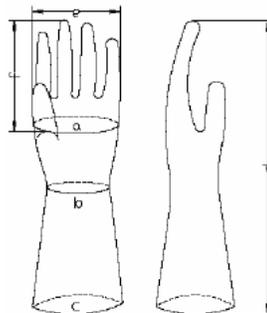
Referencia	Talla	Categoría	Tensión máx (V)		Peso (gr)
			AC	DC	
GP-4-10	10	RC	36.000	54.000	800
GP-4-11	11				

**MARCAJE.**



**DIMENSIONES (mm).**

Referencia	Talla	a	b	c	d	e	f	espesor
GP-4-10	10	255	240	350	360	110	115	3,50
GP-4-11	11	280	255	360	410	125	120	3,50



## RECOMENDACIONES.

- Sin límite de vida máxima, según uso.
- Almacenamiento: los guantes deben permanecer en su embalaje, ni comprimidos ni doblados ni guardados próximos a una fuente de calor; temperatura normal 10/21°C.
- Verificar antes de cada utilización: visualmente y luego por inflado.
- Clases 1 2, 3 y 4: aun solo siendo almacenado, un guante no puede ser utilizado sin haber sido verificado, después de 6 meses; los periodos usuales de control son entre 30 a 90 días.
- Las verificaciones son: un ensayo de inflado de aire, un control visual mientras el guante esta inflado y un ensayo eléctrico según las condiciones de la norma UNE-EN-60903.
- Igualmente se recomienda una inspección del interior del guante.
- Clase 0 y 00: las verificaciones consisten un ensayo de inflado de aire, un control visual mientras el guante esta inflado. El ensayo dieléctrico no es una necesidad, pero puede ser realizado a petición del propietario.
- Estos consejos están indicados en el manual de empleo de los guantes, conforme a la norma CEI 60903 (Anexo complementos).
- La fecha de la primera utilización de los guantes, así como las fechas de los controles se marcarán en los emplazamientos previstos en los guantes. [13]

## Complementos.

- CG-981: sobreguantes de cuero tallas 8 a 11
- CG-37 : guantes ignifugos
- CG-117 : verificador neumático o « inflador de guantes »
- CG-36 : Bolsa de plástico para transporte y conservación.
- CG-35 : Cofre de protección (metálico)
- CG-35P: Cofre de protección (plástico)

#### 4.2.6. MULTÍMETRO

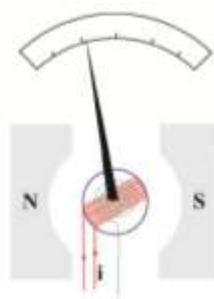
Un multímetro es un instrumento que permite medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y diferencia de potenciales o pasivas como resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna.

##### **Funcionamiento.**

El funcionamiento se basa en la utilización de un *galvanómetro* que se emplea para todas las mediciones. Para poder medir cada una de las magnitudes eléctricas, el galvanómetro se debe completar con un determinado circuito eléctrico que dependerá también de dos características del galvanómetro: la resistencia interna ( $R_i$ ) y la inversa de la sensibilidad. Esta última es la intensidad que, aplicada directamente a los bornes del galvanómetro, hace que la aguja llegue al fondo de escala.

Nota: El aparato descrito corresponde al diseño original, ya que en la actualidad los multímetros utilizan un conversor analógico/digital y un microprocesador para realizar los cálculos que se presentan en un display numérico.

Un galvanómetro es un instrumento que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica. Este instrumento consta de una bobina, por la cual circula la corriente que se quiere medir, y de un imán. El campo magnético generado por la bobina, produce una fuerza de atracción o repulsión con el imán que se traduce en una rotación de una aguja.

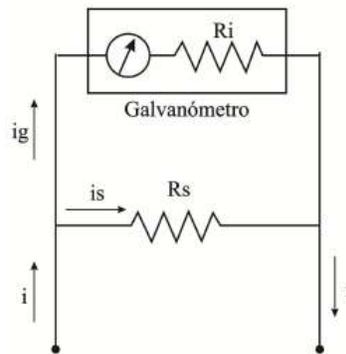


Galvanómetro.

## Amperímetro

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.

Para que el multímetro trabaje como amperímetro se conecta una resistencia  $R_s$  en paralelo con el galvanómetro. El valor de  $R_s$  depende del valor en amperios que se quiera alcanzar cuando la aguja alcance el fondo de escala.



Esquema de amperímetro.

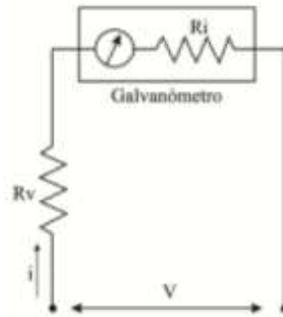
## Utilización

Para medir la intensidad de la corriente que circula por un circuito, el amperímetro debe colocarse en serie para que toda la corriente pase a través del mismo. El amperímetro debe poseer una resistencia interna lo más pequeña posible con la finalidad de evitar una caída de tensión apreciable.

## Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Para que el multímetro trabaje como voltímetro es preciso conectar una resistencia  $R_v$  en serie con el galvanómetro. El valor de  $R_v$  depende del valor en voltios que se quiera alcanzar cuando la aguja alcance el fondo de escala.

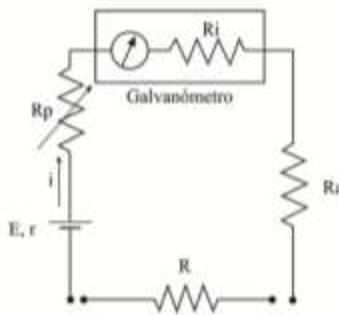


Esquema voltímetro.

Para medir la diferencia de potencial, el voltímetro ha de colocarse en paralelo. Entonces, el voltímetro debe poseer una resistencia interna lo más alta posible, a fin de que la corriente que circula por el voltímetro sea lo más chica posible.

## Óhmetro

El óhmetro permite medir resistencias. Para ello se utiliza una pila interna que hace circular una corriente a través de la resistencia a medir, el instrumento y una resistencia adicional de ajuste. [14]



Esquema de óhmetro.

### 4.2.7. MEGGER.

Megger es un instrumento de medición utilizado para medir la resistencia de aislamiento de un sistema eléctrico. Un sistema eléctrico degrada su calidad de resistencia de aislamiento con el tiempo y diversas condiciones ambientales, incluida la temperatura, la humedad, las partículas de polvo y la humedad. Incluso la tensión mecánica y eléctrica afecta a la resistencia de aislamiento, lo que se suma a la necesidad de verificar la resistencia de aislamiento a intervalos regulares para evitar errores fatales o descargas eléctricas. Megger

se utiliza para medir la fuga eléctrica en cables, nivel de aislamiento eléctrico en generadores, **motores** , etc.



## **PRUEBA DE MEGGER.**

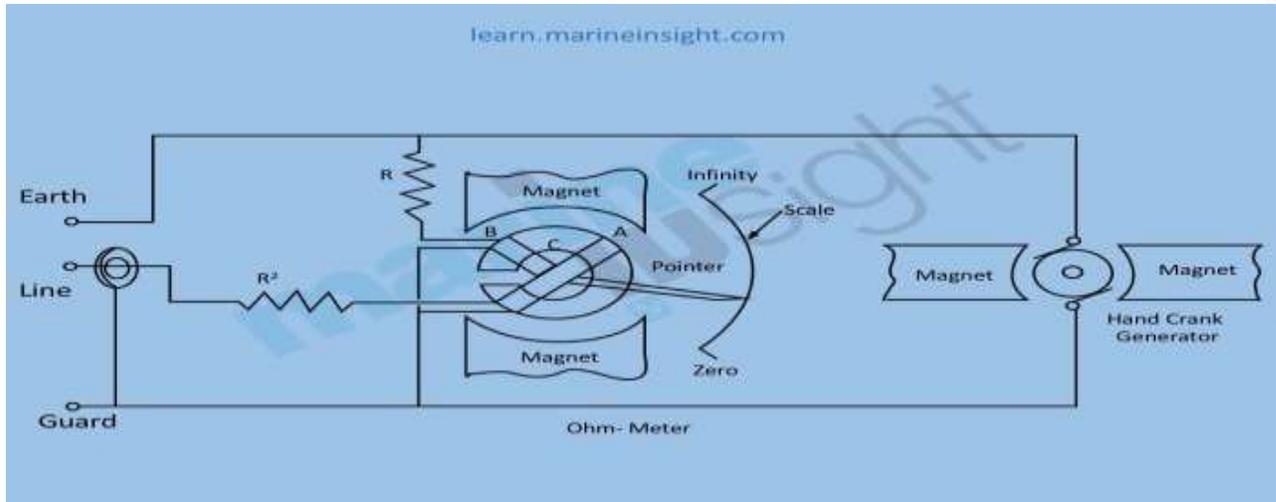
La prueba de Megger se realiza mediante los siguientes pasos:

1. La energía se retira del circuito que se está probando. En un circuito, cuando se realizan estos tipos de pruebas de alto voltaje, no debe haber voltaje conectado a él.
2. Todos los cables están desinstalados para hacer pruebas. Para verificar la resistencia de aislamiento de cualquier cable, debe retirarse completamente y desconectarse del circuito en ambos extremos. Se utiliza un trozo de cinta para cubrir los extremos de cobre para evitar golpes. Al probar los motores, los cables que alimentan el motor deben estar completamente desconectados.
3. Un cable del Megger está conectado a tierra o al marco eléctrico del sistema eléctrico. Este cable en el caso de los bobinados del motor está conectado a la estructura metálica del motor.

4. El otro cable del megger está conectado a uno de los terminales del motor o al extremo de cobre desnudo. El otro extremo del cable que se está probando debe cubrirse con un aislante de cinta o debe estar en el aire libre.
  
5. Ahora enciende el medidor. Se toman alrededor de 2 a 5 segundos para la acumulación de alto voltaje dentro de los devanados del motor o el cable.
  
6. Ahora anota la lectura del medidor. Un valor de lectura superior a 999 megohms se considera un valor de resistencia casi perfecto en el caso de un nuevo motor o cable. Puede haber problemas con los motores usados o cables viejos cuando los valores de resistencia son inferiores a 1,5 megaohmios. El valor de lectura entre este rango está bien siempre que no haya problemas.
  
7. Continúe la prueba con los terminales restantes del motor u otros cables. Los cables o cables del motor son seguros de usar cuando se detiene la fuente de alto voltaje del medidor.

### **CONSTRUCCION DEL MEGGER.**

Las partes principales involucradas en la construcción del megger son la bobina de desviación, la bobina de control, los imanes permanentes, el puntero, la escala, el generador de CC o la conexión de la batería, la resistencia de la bobina de presión y la resistencia de la bobina de corriente.



1. **Bobina de desviación y control** : estas bobinas se colocan en ángulo recto entre sí y se conectan al generador en paralelo. Estas bobinas mantienen sus polaridades para producir un par en la dirección opuesta.
  
2. **Escala** : Esto marca el valor de la resistencia de aislamiento desde cero hasta el infinito y se coloca en la parte frontal superior del dispositivo, lo que nos ayuda a leer los valores.
  
3. **Puntero** : el lugar del puntero representa el valor de la resistencia de aislamiento, moviéndose desde el rango de cero al infinito. El extremo de Pointer está conectado a la bobina y el otro extremo se desvía en la escala.
  
4. **Imán permanente** : estos imanes producen el campo magnético esencial utilizado para la desviación del puntero con el imán del polo norte-sur.

5. **Generador de CC o conexión de batería** : el cargador electrónico de voltaje / batería produce un voltaje de prueba en el caso del megger de tipo automático, mientras que el generador de CC manual se utiliza para el mismo propósito en el megger manual.
  
6. **Resistencia de la bobina de presión y resistencia de la bobina actual**: Esto protege al megger de cualquier tipo de daño debido a la baja resistencia eléctrica externa que se encuentra bajo prueba.

### **Principio de funcionamiento del megger.**

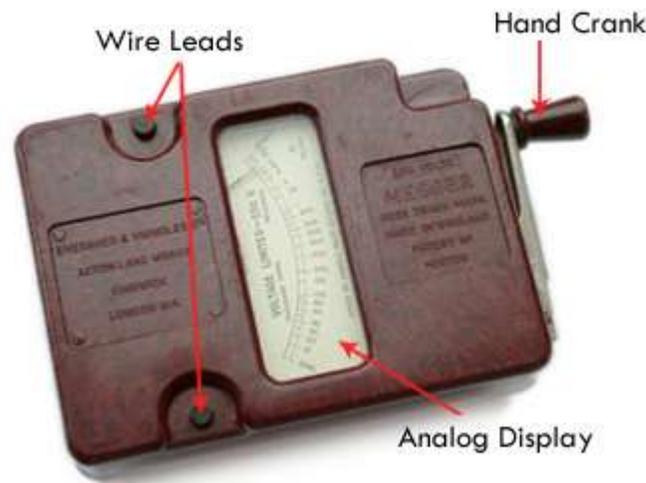
Tensión de prueba producida por la rotación de la manivela en megger de mano y por la batería en caso de megger de tipo electrónico. Para probar un rango de hasta 440 V, el equipo requiere 550 V de CC es suficiente. La bobina de corriente o la bobina de desviación está conectada en serie y permite que la corriente eléctrica fluya a través del circuito que se está probando. La bobina de control y desviación tiene una resistencia limitadora de corriente conectada en serie para proteger el circuito externo en caso de daños causados por una resistencia muy baja. El voltaje de prueba se produce por inducción electromagnética en caso de megger manual y por batería en caso de megger de tipo electrónico. La desviación del puntero aumenta con los aumentos de voltaje en el circuito externo y también disminuye con el aumento de corriente. Es decir, el par resultante está inversamente relacionado con la corriente y directamente relacionado con el voltaje. Mientras que el circuito eléctrico que se está probando está abierto, el par resultante causado por la bobina de voltaje es máximo y el indicador de desviación muestra el valor de "infinito", lo que significa que el circuito no tiene cortocircuitos y la resistencia es máxima dentro del circuito. probado En caso de cortocircuito, el puntero de desviación muestra "cero", lo que indica "no" resistencia en el circuito que se está probando.

TIPOS DE MEGGER.

Hay dos tipos de megger: -

1. Tipo manual Megger
2. Tipo electrónico Megger

### TIPO MANUAL (MEGGER).



Las partes importantes del tipo manual o del megger manual son la pantalla analógica, la manivela y los cables. La pantalla analógica está situada en la cara frontal del probador, que se utiliza para la grabación de valores IR. La manivela se utiliza para las rotaciones con el fin de alcanzar las RPM deseadas que se requieren para la generación de voltaje que fluye a través del sistema eléctrico. Los cables son principalmente dos en número para la conexión de megger con el sistema eléctrico que se va a probar.

### Ventajas

1. El método más antiguo utilizado para el cálculo de la resistencia de aislamiento, pero todavía es importante.
2. No se requieren fuentes externas para la operación.
3. Más barato y fácilmente disponible en el mercado.

## Desventajas

1. Requisito de mano de obra si, es más, es decir, 2. Uno para conectar el megger con el sistema eléctrico que se va a probar y otro para la rotación de la manivela
2. El nivel de precisión varía con la velocidad de rotación de la manivela
3. Pantalla analógica muestra el resultado.
4. Se requiere alta seguridad y cuidado para el uso del equipo.
5. La colocación del equipo en los sitios de trabajo es un problema, ya que requiere una posición estable para la operación y la colocación inestable afecta los resultados.

## TIPO ELECTRONICO (MEGGER).



Las partes importantes en megger tipo electrónico son pantalla digital, cables, interruptores de selección e indicadores. La pantalla digital muestra el valor de la resistencia de aislamiento en forma digital. Los cables conductores son dos en número que se usan para conectar megger para probar el sistema eléctrico. Los interruptores de selección se utilizan para seleccionar los rangos de los parámetros eléctricos. Los indicadores se utilizan para indicar varios estados de parámetros eléctricos, es decir, encendido / apagado.

### **Ventajas del tipo electrónico Megger**

1. El nivel de precisión es muy alto.
2. La pantalla digital permite una fácil lectura de los valores de resistencia de aislamiento.
3. La operación de instrumentación puede ser realizada por una sola persona.
4. Incluso cuando se usa en un lugar congestionado, este dispositivo funciona perfectamente y es muy práctico y seguro.

### **Desventajas del tipo electrónico Megger**

1. Se requiere fuente externa de energía como célula seca.
2. Este dispositivo es más costoso en el mercado. [11]

### **INSPECCIONES GENERALES DE MEGGAR.**

- Compruebe si hay conexiones sueltas, aislamiento defectuoso y limpieza
- Verifique la parada del medidor y el indicador de daños.
- Revise el maletín de transporte en busca de corrosión, espuma, etc.
- Verifique que el mecanismo de arranque sea fácil para el megger mecánico
- Compruebe el forro de goma espuma si está instalado
- Compruebe el nivel de batería para megger digital
- Comprobar que todos los indicadores funcionan bien.

### **MANTENIMIENTO GENERAL DEL MEGGER.**

- El multímetro digital está provisto de un fusible. Reemplácelo si el megger no está funcionando.
- Limpie la superficie del polvo, suciedad, grasa, hongos, etc.
- Elimine el polvo o la suciedad de los terminales con un cepillo suave
- Limpie la pantalla con un paño suave.
- Limpie los cables, el medidor de vidrio y la superficie exterior con un paño limpio y suave. Humedezca el paño con agua si es necesario.

### **¿QUE COSAS GRABAR DESPUES DE UNA PRUEBA DE MEGGAR?**

Al realizar una prueba de megger en una maquinaria o equipo, debe anotarse lo siguiente:

- Nombre y ubicación del equipo / cableado.
- Fecha en que se realiza la prueba.
- Los valores de resistencia de aislamiento de los resultados de las pruebas junto con el tiempo
- Rango, voltaje y número de serie del instrumento Megger utilizado
- La temperatura del aparato durante el tiempo de prueba IR.
- Al realizar la prueba de IR de máquinas más grandes como alternador, transformador, etc., se deben observar las temperaturas de bulbo húmedo y seco y las determinaciones del punto de rocío.
- Medida de resistencia de aislamiento corregida por temperatura. [12]

## **5. DESARROLLO.**

**METODOLOGÍA DE CADA PRUEBA (FUSION ELÉCTRICA DE MEXICO S.A DE C.V.)**

## PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

### OBJETIVO

Definir y establecer la metodología adecuada para la administración eficiente de los servicios de Pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento que **FUSION ELÉCTRICA DE MÉXICO S.A. DE C.V.** proporciona a sus diversos clientes, para contribuir en el desarrollo de la Obra Eléctrica en las instalaciones del cliente, garantizando servicios eficientes, cumpliendo satisfactoriamente con sus requerimientos técnicos y normativos.

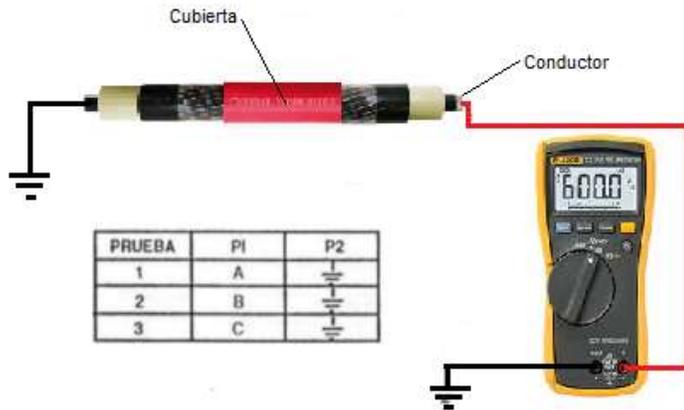
### ALCANSE

Este procedimiento aplica a todo el cableado de potencia en media tensión hasta 35 KV.

### DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

No	Actividad	Responsable	Registro
<b>1</b>	<b>Actividades preliminares</b>		
	<p><b>1.1.</b> El cliente indica la zona de donde se elaborarán las pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento.</p> <p><b>1.1.1</b> La confirmación se puede desarrollar vía correo electrónico o telefónicamente.</p> <p><b>1.2.</b> Programar personal, herramientas y equipos adecuados para la elaboración de las pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Técnico eléctrico especializado</li><li>• Ayudante eléctrico</li><li>• Herramientas menores</li><li>• Multímetro</li><li>• Medidor de resistencia de aislamiento.</li></ul>	<p><b>Cliente</b></p> <p><b>Residente de obra/ supervisor de obra</b></p>	<p><b>Plano general/correo</b></p>
<b>2</b>	<b>Prueba de continuidad</b>		

- 2.1. Desconectar los conductores a probar en ambos extremos (conductor y pantalla metálica).
- 2.2. Identificar el faseo de los conductores colocando en un extremo el equipo de medición y en el extremo opuesto puentando la pantalla metálica



con el centro del conductor.

- 2.3. Visualizar en la pantalla del equipo la indicación de continuidad (puede ser visual o audible).
- 2.4. Repetir esta secuencia en todos los cables hasta identificarlos todos.
- 2.5. Marcar el cable de acuerdo a la identificación de las fases
  - 1.- R- Verde
  - 2.- S- Amarillo
  - 3.- T- Marrón
- 2.6. Rellenar formato de Pruebas de continuidad.

**Técnico eléctrico especializado**

**Técnico eléctrico especializado/ Supervisor de obra/Supervisor de calidad**

### 3. Prueba de Resistencia de aislamiento

- 3.1. Desconectar los conductores a probar en ambos extremos (conductor y pantalla metálica)
- 3.2. Verificar que el nivel de humedad no sobrepase el 75%, en caso contrario esperar a que se nivele la humedad a un rango menor.
- 3.3. Colocar el equipo en un extremo del cable y en el

**Técnico eléctrico especializado**

otro extremo asegurar que se encuentren aislados entre ellos mismos y cualquier estructura.

3.4. Conectar el equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

3.5. Inyectar una tensión de 10,000 Voltios de CD durante 1 minuto registrando los valores obtenidos cada 15 segundos hasta completar el



PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA			
	L	G	T	⊥
1	A	—	B · C	⊥
2	B	—	C · A	⊥
3	C	—	B · A	⊥
4	A·B·C	—		⊥

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

tiempo de prueba.

3.6. Realizar el descargo del cable para eliminar posibles voltajes de prueba acumulados en el cableado.

3.6. Registrar en formato de Prueba de Resistencia de Aislamiento los valores obtenidos, así como las condiciones ambientales de temperatura y humedad.

3.7. Aprobación de la prueba de continuidad y resistencia de aislamiento por parte del cliente.

**Técnico eléctrico especializado/ Supervisor de obra/Supervisor de calidad**

**FO-PCO-018 Prueba de continuidad y resistencia de aislamiento**

## PRUEBAS DE VLF.

### OBJETIVO

Definir y establecer la metodología adecuada para la administración eficiente de los servicios de pruebas de VLF en cables de media tensión que FUSION ELÉCTRICA DE MÉXICO S.A DE C.V. proporciona a sus diversos clientes, para contribuir en el desarrollo de la obra Eléctrica en las instalaciones del cliente, garantizando servicios eficientes, cumpliendo satisfactoriamente con sus requerimientos técnicos y normativos.

### ALCANCE

Este procedimiento aplica a todo el cableado de potencia en día tensión hasta 35 KV.

No	Actividad	Responsable	Registro
1	<b>Actividades preliminares</b>		
	<p><i>1.2.</i> El cliente indica la zona de donde se elaborarán las pruebas VLF.</p> <p><i>1.1.2</i> La confirmación se puede desarrollar vía correo electrónico, telefónicamente o mediante planos aprobados para la construcción.</p> <p><i>1.3.</i> Programar personal, herramientas y equipos adecuados para la elaboración de las pruebas VLF:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico eléctrico en pruebas.</li> <li>• Ayudantes eléctrico</li> <li>• Herramientas menores</li> <li>• Multímetro</li> <li>• Medidor VLF.</li> </ul>	<p><b>Cliente</b></p> <p><b>Residente de obra/ supervisor de obra eléctrica</b></p>	<p><b>Plano general/correo</b></p> <p><b>Requisición FO-PRO-001/ programación del personal FO-PRH-002</b></p>
2	<b>Prueba de VLF</b>		

- 2.1. Desconectar los conductores a probar en ambos extremos (conductor y pantalla metálica).
- 2.2. Verificar que los extremos de los cables de media tensión se encuentren separados entre sí y alejados de la estructura metálica en las cuales puedan hacer contacto.

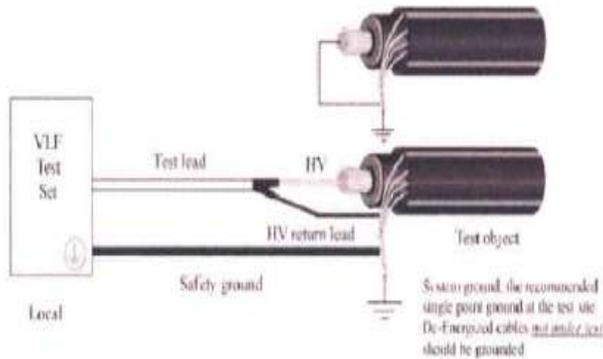


Figure 1—Recommended test hook-up

- 2.3. Colocar el equipo de prueba en una zona estable y armarlo de acuerdo a las indicaciones de fábrica.
- 2.4. Verificar que el nivel de humedad sea menor al 75 %; de no ser así la prueba se pospondrá hasta que existan condiciones ambientales óptimas.
- 2.5. Conexionar a los cables de media tensión y obtener sus valores de capacitancia.
- 2.6. Realizar la medición de la capacitancia del cable de media tensión de acuerdo a las indicaciones del fabricante.
- 2.7. Definir el nivel de frecuencia de prueba determinado por los valores arrojados del punto 2.5.
- 2.8. Conectar el equipo de medición al cable de media tensión a probar.
- 2.9. Verificar a través de alguna vía de comunicación que en el extremo opuesto del cable se encuentre libre.
- 2.10. Inyectar tensión de prueba por escalones hasta llegar al valor de inyección deseado.
- 2.11. Muestrear cada 5 mn los valores de tensión.

**Técnico eléctrico en pruebas**

**Supervisor de calidad/Técnico eléctrico en pruebas.**

**Prueba de VLF FO-PCO-021**

	<p><b>2.12.</b> Verificar durante la prueba que no se presente algún corte de tensión o que la prueba sea interrumpida de ser así indagar las posibles causas de la interrupción y reanudar los ensayos hasta completar los 30 mn.</p> <p><b>2.13.</b> Realizar estos pasos en cada una de las fases.</p> <p><b>2.14.</b> Realizar el descargo de cada cable objeto de prueba.</p> <p><b>2.15.</b> Registrar en formato de prueba VLF los valores obtenidos, así como las condiciones ambientales de temperatura y humedad.</p> <p><b>2.16.</b> El residente de obra o el encargado en función solicita la verificación y aprobación de la prueba VLF al cliente.</p>		
--	---	--	--

## **REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.**

### **PRUEBAS A CABLES DE POTENCIA.**

#### **OBJETIVO.**

Mantener un control en la realización de los trabajos referentes a las pruebas eléctricas del cableado de media tensión.

#### **ALCANCE.**

Aplica solamente en las actividades de prueba a cables de potencia.

#### **CONTROLES DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE.**

Los Supervisores de Seguridad, Salud y Medio Ambiente asignados a los proyectos de Obras y Servicios Construtoral deberán implementar, seguir y cumplir, los requerimientos en materia de Seguridad, Salud y Medio Ambiente durante todas las actividades y etapas de las obras, los cuales son especificados en los procedimientos **“Plan General de Seguridad y Salud en el Trabajo” (OSC-SST-P13)** y **“Plan General de Medio Ambiente” (OSC-MA-P14)**, donde se establecen las directrices de administración de estos sistemas de gestión, los supervisores implementan las especificaciones a los controles operacionales a seguir relacionados con la identificación de peligros, prevención de riesgos, identificación de aspectos y mitigación de impactos en las diferentes áreas y etapas de los trabajos, se determinan y/o implementan las medidas de control aplicables ante respuesta a emergencias, cumplimiento de la normatividad legal, gestión de residuos, entre otros requisitos que sean de aplicación a la SST y MA.

### **Actividades previas al inicio del trabajo.**

El cliente puede entregar la forma en la cual se realizarán estas actividades, ya sea por alguna norma o especificación especial, puede corresponder con el instructivo aquí descrito o se considerara adicionalmente para la realización de dicho proceso.

### **Timbrado e identificación de fases**

- Comprobar la continuidad e identificar las fases en ambos extremos de los cables.
- Conectar el conductor de cable a tierra en uno de sus extremos,
- Conectar en el extremo opuesto del cable el equipo para verificación seleccionando su modalidad de Continuidad.
- Si el equipo indica continuidad se procede a identificar los cables en cada extremo.
- Si no, se deberá cambiar el equipo a la siguiente posición hasta encontrar su correspondencia.

### **Resistencia de aislamiento a conductor**

- Proceder a una corriente continua entre el conductor y la pantalla metálica por un tiempo de 1 minuto durante el cual se registrarán cada 15 segundos los valores presentados.
- Concluida la prueba se procederá a realizar la descarga del cable conductor por posibles cargas en dicho elemento.
- Aplicar una corriente continua entre el conductor y tierra por un tiempo de 1 minuto durante el cual se registrarán cada 15 segundos los valores presentados.
- Concluida la prueba se procederá a realizar la descarga del cable conductor por posibles cargas en dicho elemento.

### **Pruebas de tensión a muy baja frecuencia.**

- Aplicar una tensión de 62 Kv onda sinusoidal a muy baja frecuencia (0.1 Hz).
- El equipo de medición a emplear se utilizará de acuerdo al manual técnico del fabricante, siguiendo las conexiones establecidas.
- Previo al desarrollo de la prueba VLF, prestar atención a que ambos extremos de los cables de media tensión se encuentren libres y a una distancia mínima de seguridad con respecto a partes metálicas y no deberá de haber personal a la periferia de la zona de pruebas.
- Realizar inyección de voltaje, llegando al máximo valor de potencial se deja transcurrir 30 minutos durante el cual se deberá monitorear constante el comportamiento de la corriente de fuga la cual deberá de ser constante durante todo el lapso que dure la prueba.
- Concluyendo el tiempo de prueba se procede a descargar el cable de potencia y esta operación se repite en cada uno de los cables siendo el análisis de manera individual.
- Si durante el transcurso de la prueba se observa algún incremento en las corrientes de fuga o una caída súbita del voltaje de inyección se deberá de analizar dicho comportamiento y descartar posibles interferencias para nuevamente realizar el proceso de prueba.
- Informar al supervisor de obra de la instalación para que verifique el trabajo realizado y su validación.

## **PRUEBAS A RED DE TIERRA.**

### **Objetivo.**

Mantener un control en la realización de los trabajos referentes a las pruebas eléctricas de red de tierras en aerogeneradores.

### **Alcance.**

Aplica solamente en las actividades de pruebas a red de tierras en aerogeneradores.

### **Prueba de Resistencia al Sistema de Tierras Método Caída de Potencial.**

-Verificar que el sistema de tierras del aerogenerador se encuentre concluido y que no contenga zonas o elementos que no se encuentren aterrizados.

-Realizar la primera medición con la red de tierras de la media tensión desconectada y aislada de todo componente conformante del aerogenerador; la segunda medición se realizará con la red de tierras de la media tensión conectada firmemente con el sistema de tierras del aerogenerador.

-Calcular las distancias de ensayo de acuerdo al diámetro mayor de la red de tierras del mismo.

-Realizar hincado de varillas de prueba de acuerdo a las distancias obtenidas.

-Conectar el equipo de medición de acuerdo a las indicaciones del manual de fabricante y en la posición de ensayo recomendada, pulsando el botón TEST automáticamente nos arroja el valor del ensayo.

-Realizar ensayos cada 10 m hasta llegar a la distancia final tomando en cada una de ellas los valores los cuales se graficarán para observar su comportamiento.

-El resultado de la prueba se obtendrá de aquel valor que se encuentre al 62% de la distancia máxima obtenida.

-Informar al supervisor de obra de la instalación para que verifique el trabajo realizado y su validación

## CONDICIONES DE SEGURIDAD.

### EL PATRÓN TIENE LA OBLIGACIÓN DE:

- ✚ Informar a los trabajadores sobre los riesgos que la energía eléctrica representa y de las condiciones de seguridad que deben prevalecer en el área de trabajo o en la actividad a desarrollar.
- ✚ Autorizar por escrito a los trabajadores que realicen actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas en lugares peligrosos (alturas, espacios confinados, subestaciones u otros).
- ✚ Proporcionar capacitación y adiestramiento a los trabajadores que realicen mantenimiento en los centros que para tal efecto se elaboren.
- ✚ Contar con un botiquín de primeros auxilios equipado, así como elementos que permitan brindar la atención médica a un posible accidentado por contacto con la energía eléctrica.
- ✚ Proporcionar a los trabajadores que realizan las actividades requeridas en las instalaciones eléctricas, el equipo de protección personal adecuado.
- ✚ Contar con equipo y materiales de protección aislante según el nivel de tensión o corriente de alimentación.
- ✚ Fijar en el área destinada para guardar o almacenar el equipo de protección personal, las herramientas y el equipo de protección aislante, las instrucciones para su uso, mantenimiento, almacenamiento e inspecciones. Las instrucciones deben incluir los periodos de revisión y de reemplazo.

**EL PERSONAL (TRABAJADOR) TAMBIEN TIENE QUE CUMPLIR CON OBLIGACIONES LAS CUALES SON:**

- ❖ Cumplir con las medidas de seguridad establecidas por el patrón.
- ❖ Participar en las actividades de capacitación y adiestramiento en material de seguridad establecidas por el patrón.
- ❖ Cumplir con las instrucciones de uso del equipo de protección personal, así como del equipo y material de protección aislante, proporcionadas por el patrón
- ❖ Utilizar y tener cuidado que el equipo y material de protección aislante se mantengan en condiciones de funcionamiento para efectuar las actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
- ❖ Seguir los procedimientos de seguridad establecidos mientras realiza las actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
- ❖ Participar en las prácticas de primeros auxilios y rescate de trabajadores accidentados en las instalaciones eléctricas.
- ❖ Información al patrón de cualquier situación que implique un riesgo al desarrollar su actividad y que no puedan subsanar por sí mismo.

**REQUISITOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD.**

**Los procedimientos de seguridad deben contemplar las siguientes previsiones:**

**Para las instalaciones:**

- Utilizar el equipo de medición que se requiera para evaluar la presencia o ausencia de la energía eléctrica en equipos o instalación eléctrica a revisar.
- Según aplique, colocar señalización, candados o cualquier otro dispositivo para garantizar que el circuito permanezca desenergizado cuando se le realizan actividades de mantenimiento.



- Antes de realizar las actividades de mantenimiento, se deben seguir las instrucciones para verificar que la puesta a tierra esté en condiciones de funcionamiento o bien colocar las puestas a tierra temporales.
- Después de haber realizado las actividades de mantenimiento, seguir las instrucciones para realizar una inspección en todo el circuito o red en el que se efectuaron los mantenimientos, con el propósito de asegurarse que han quedado libre de materiales, herramientas y personal. Al término de dicha inspección, ya se podrán retirar los candados, señales o cualquier otro artefacto utilizado.

**Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento a las instalaciones eléctricas contar con:**

- El diagrama unifilar y al menos el cuadro general de cargas correspondientes a la zona donde se realizará el mantenimiento.
- Las indicaciones para conseguir las autorizaciones por escrito que correspondan, donde se describa al menos la actividad a realizar, la hora de inicio, una estimación de la hora de conclusión, la persona que autorizo, la entrada y la salida, el estado de la reparación (temporal o permanente) y la precisión de si se realizara el mantenimiento con la instalación eléctrica energizada o con las medidas de seguridad para desenergizarla.
- Las instrucciones concretas sobre el trabajo a realizar.
- Las indicaciones para identificar las instalaciones eléctricas que representen mayor peligro para los trabajadores encargados de brindar el mantenimiento.
- Los procedimientos de seguridad que incluyan medidas de seguridad necesarias para impedir daños al personal expuesto y las acciones que se deben aplicar antes, durante y después en los equipos o áreas donde se realizaran las actividades de mantenimiento.

- Las indicaciones para la colocación de señales, avisos, candados, etiquetas de seguridad en las instalaciones eléctricas que estén en mantenimiento.
- Las distancias de seguridad que deben observarse cuando los dispositivos de protección abran con carga.

**Las herramientas, equipos, materiales de protección aislante y equipos de protección personal:**

- Deben ser entregados al trabajador junto con las instrucciones para su revisión o reemplazo, para verificar que están en buenas condiciones de funcionamiento.
- Deben contar con instrucciones al alcance de los trabajadores para que observen las adecuadas condiciones para su almacenamiento, transporte y mantenimiento, que garanticen su buen funcionamiento.
- Se deben seleccionar de acuerdo a las tensiones de operación del circuito cuando se trabaje con líneas vivas.

## **5.1. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

### **5.1.1. RESULTADOS.**

## ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO DE PRUEBAS DE

ACTIVIDAD	EQUIPOS/ HERRAMI ENTA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL	FRECUENCIA			SEVERIDAD			RIESGO			
						ocasional	recurrente	frecuente	menor	moderada	crítica	bajo	medio	elevado	
Prueba de continuidad y resistencia de aislamiento.	Multimetro y MEGGER.	Inspección visual al area de trabajo.	BIOLOGICOS Y ERGONOMICOS: presencia fauna ponzoñosa y malas posturas.	Mordedura de serpiente, picadura de alacrán o abeja, caída al mismo y distinto nivel, fatiga.	El personal contara con sus viboreras antes de realizar la inspección en caso de abejas se notificara al departamento ambiental, el personal contara con su epp y la hidratación adecuada.	X			X			X			
		Identificación de los cables y trayectoria.	FISICO: exposición a altas temperaturas	Golpe de calor y particulas proyectadas.	Chequeo de rutina al personal en area, hidratación adecuada, uso adecuado del epp (casco, chaleco, guantes dieléctricos, barbiquejo, lentes de seguridad, botas dieléctricas).			X	X			X			
		Conectar la pertiga en el buz de tierra para realizar las descargas.	PSICOSOCIALES: estrés y fatiga laboral.	Machucamiento, golpe de calor, caída al mismo y distinto nivel.	Botiquin en sitio, hidratación adecuada, usos del epp adecuada, uso de guantes dieléctricos uso de ropa de algodón y mangalarga.				X	X			X		
		Colocar las picas lo mas cercano a 90° del equipo y en Zona de tierra natural, este metodo ocupa 4 picas a 10 mt cada pica una de la otra.													
		Colocar las herramientas del megger (cables de alimentación) y Conectar los cables de prueba atravez del componente que se esta probando (cables de media tension), inyectar el voltaje.	FISICO Y ERGONOMICO: exposición a riesgo eléctrico y mala postura.	Electrocución, machucamiento, caída al mismo nivel.	Botiquin en sitio, uso de guantes dieléctricos, uso de botas dieléctico, no usar joyas o relojes de pulcera.			X		X				X	
		Registrar los datos arrojados por el megger y al final determinar la resistencia de aislamiento	FISICO : fatiga y estrés	Realización inadecuada de los trabajos, accidentes.	No sobre pasar las horas laborales e implementar pausas activas en el trabajo.		X			X			X		
		Desconectar el equipo y entregar la contancia de servicio realizado.	FISICO Y ERGONOMICO: fatiga, estrés y mala postura.	Realización inadecuada de los trabajos, accidentes, caída al mismo y distinto nivel, golpe de calor	Pausas activas en el trabajo, uso del epp adecuado, hidratación adecuada.		X			X			X		

### CONTINUIDAD Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.



## ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO EN PRUEBAS VLF

### PROCEDIMIENTO.

- Contar con personal capacitado.
- Delimitar el área de trabajo (conos y letreros de señalización).
- Uso del epp adecuado ( casco, chaleco, barbiquejo, lentes de seguridad, botas dielectricas, guantes dielectricos).
- Contar con botiquin y extintor en sitio.
- Transporte del equipo y herramientas al área de trabajo.
- Inspección visual al área de trabajo.
- Identificación de fases de Aero a Aero, mediante timbrado con el uso del multímetro.
- Taponear las tres fases receptoras, mediante el uso de boquillas tipo inserto simple y aceite de silicona (HUILE SILICONE SILICONE OIL V300- PRYSMIAN cables y systems).
- Hacer la prueba de megger fase por fase.
- Separar los cables y taponear las fases con los conectadores de operación con carga (boquilla tipo inserto doble).
- Colocar los cables (accesorios de vlf). En las puntas de las boquillas insertos dobles
- Colocar las pértigas en el bus de tierra para realizar las descargas después de las pruebas VLF.
- Armar todas las herramientas del VLF contando con el encendido del generador y su varilla de tierra.
- Programar la frecuencia y el tiempo de duración de la prueba en el equipo VLF.
- Inspeccionar que la prueba este marchando correctamente.
- Drenar la potencia (utilizando la pertiga) al terminar cada prueba por fase (utilizando los guantes dielectricos clase 4-36 Kv).
- Desconectar el equipo (VLF), apagar el generador , quitar todos los tapones y levantar todas las herramientas.

ACTIVIDAD	EQUIPOS/ HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	PELIGRO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL	FRECUENCIA			SEVERIDAD			RIESGO				
						ocasional	recurrente	frecuente	menor	moderada	crítica	bajo	medio	elevado		
Pruebas VLF a cables de potencia	VLF(VERY LOW FREQUENCY)	Transporte del equipo y herramientas al area de trabajo.	MECANICO: operar vehiculo y/o maquinaria.	Volcadura, golpes o atropellamiento, falla en el sistema hidraulico.	El personal usara su epp adecuado, respetara el limite de velocidad dentro del p.e. de 20 km/h, respetara las señalizaciones y realizara las inspecciones previas a la unidad vehicular.	X			X			X				
		Inspección visual al area de trabajo.	BIOLOGICOS Y ERGONOMICOS: presencia fauna ponzoñosa y malas posturas.	Mordedura de serpiente, picadura de alacrán o abeja, caída al mismo y distinto nivel, fatiga.	El personal contara con sus viboreras antes de realizar la inspección en caso de abejas se notificara al departamento ambiental, el personal contara con su epp y la hidratación adecuada.			X		X			X			
		Identificación de los cables y trayectoria.	FISICO: exposición a altas temperaturas	Golpe de calor y particulas proyectadas.	Chequeo de rutina al personal en area, hidratación adecuada, uso adecuado del epp (casco, chaleco, guantes dieléctricos, barbiquejo, lentes de seguridad, botas dieléctricas).	X			X					X		
		Desconexión y limpieza de terminales.	PSICOSOCIALES: estrés y fatiga laboral.	Machucamiento, golpe de calor, caída al mismo y distinto nivel.	Botiquin en sitio, hidratación adecuada, usos del epp adecuada.	X			X			X				
		Preparación de cables para la prueba y determinacion del voltaje de prueba de acuerdo al nivel de aislamiento.														
		Preparación del equipo megohmetro (MEGGER) y VLF	FISICO Y ERGONOMICO: exposición a riesgo eléctrico y mala postura.	Falla mecanica en el generador, caída al mismo y distinto nivel, machucamiento.	Extintor en sitio, usos del epp, botiquin en sitio.	X				X				X		
		Prueba de resistencia de 1 mn, registrando valores en megohms.	FISICO: exposición a riesgo eléctrico.	Electrocución, golpe contra objetos, machucamiento y aplastamiento, particulas proyectadas.	Personal capacitado, uso de pertiga, uso de tapete dieléctrico, uso de botas dieléctricas, uso de guantes clase 4 (36 Kv), uso del detector de ausencia de tensión, delimitación del area, botiquin en sitio, uso del epp adecuado, aterrizamiento a tierra.				X		X		X			X
		Medición de la capacidad de cables, registrando valores en microfaradios.														
		Prueba de potencial aplicado, durante 30 mn, registrando las corrientes de fuga en mili-amperes.														
		Revisión de datos y resultados de pruebas.	PSICOSOCIALES: estrés y fatiga laboral.	Realización inadecuada de los trabajos, accidentes.	No sobre pasar las horas laborales e implementar pausas activas en el trabajo.	X			X			X				
Entrega de constancia de servicio realizado.																

### 5.1.2. CONCLUSIÓN.

Las pruebas a los cables de potencia se realizan a una instalación nueva o reparada, tienen el objetivo de verificar el estado eléctrico y dieléctrico de un equipo o una instalación, para descartar fallas debido a algún desperfecto en el traslado o una mala instalación.

Las pruebas de resistencia a tierra se realizan con el objetivo de verificar la instalación de puesta a tierra en cada aerogenerador, subestación y todos los equipos que pertenecen a la instalación, con la finalidad de brindar seguridad a las personas, proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección y sobre todo verificar la permanencia de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.

Las pruebas a cables de potencia se realizan con el objetivo de verificar la calidad del cable de todo el equipo que conforma la instalación de un aerogenerador, con la finalidad de que al ponerlo en servicio esta instalación no llegue a fallar y se tenga que realizar reparaciones de emergencia, clientes insatisfechos y pérdida de ingresos.

Muchas fallas en cables subterráneos son debidas a una ineficiente ejecución de sus empalmes o al mal trato que se le da a los cables al momento de ir tendiéndolos, En estos casos el VLF ha demostrado ser un gran comprobador de cables y un método fácil y seguro para mantener la confianza en los sistemas de distribución de energía.

Si un cable o sistema de cable no pasa la prueba, se cae el voltaje de prueba, el Equipo VLF se apaga para descargar a tierra el equipo y el cable. La falla en el cable puede ser localizada con el equipo estándar de localización de fallas de cables.

Las condiciones de seguridad son establecidas según la NOM-029-STPS-2011.

## 6. REFERENCIAS

- [1] R. G. V. J. G. E. B. Hernandez Morales Luis Adolfo, «SISTEMA DE TIERRA PARA EQUIPOS ELECTRICO ELECTRONICO,» FACULTAD DE INGENIERIA, MEXICO, 2009.
- [2] M. P. L. I. D. C. D. E. D. M. TENSION, «CAPITULO VII.MANTENIMIENTO A LOS CABLES DE ENERGIA,» [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/659/A11.pdf?sequence=11>.
- [3] I. R. M. Rodriguez, «METODO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AISLAMIENTO EN TERMINALES DE MEDIA TENSION APARTIR DE PRUEBAS HI-POT,» FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA, SAN NICOLAS DE LOS GARZAS, N.L, DICIEMBRE DEL 2002.
- [4] M. d. I. v. ortega, *Problemas de ingenieria de puesta a tierra.*, Limusa.
- [5] T. D. I. P. J. R. Sarda, *Instalaciones Electricas Domesticas*, Barcelona-Mexico: Marcombo.
- [6] [En línea]. Available: <http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>.
- [7] I. E. H. Gilberto., *El ABC de Las instaciones electricas industriales.*, Mexico, Limusa.
- [8] *NOM-001-SEDE-2012*.
- [9] I. J. R. M. Rodriguez, «Metodo para evaluar la calidad del aislamiento en terminales de media tension a partir de pruebas HI-POT,» San Nicolas De Las Garzas N.L, 2002.
- [10] I. STD.80-2000, «IEEE Guide for Safety in AC SubstationGrounding ( Guia para aterrizamiento ] seguro en subestaciones de corriente alterna).,» 2000.
- [11] A. S. f. T. & M. G57-95, «Standard Test Method for Fiel Measurement of Soll Resistivity Using ] the Wenner Four- Electrode Method.».

[12 «CAPITULO 4.-Aspectos normativos a incluir en la NOM-005-SEDE.2005.».

]

[13 E. T. G. (. INGENIERIA), «PRUEBA Y DIACNOSTICO DE CABLES DE ENERGIA MEDIANTE EL USO

] DE TECNOLOGIA VLF (VERY LOW FREQUENCY)».

[14 sofamel, «DETECTORES DE TENSION: DETECTORES DE TENSION ANALOGICO,» 2012. [En línea].

]

[15 Dyfimsa, «Pertiga con gancho de rescate,» 2013. [En línea]. Available: Dyfmsa.mx.

]

[16 C. P. SYSTEMS, «CONECTADORES DE OPERACION CON CARGA,» [En línea]. Available:

] [www.coperpower.com](http://www.coperpower.com).

[17 PRESEL, «GUANTES DIELECTRICOS GP-4,» 05 2014. [En línea].

]

[18 «MULTIMETRO,» 2002.

]

[19 «MEGGER Y SUS TIPOS,» [En línea]. Available:

] <https://www.mepits.com/tutorial/231/electrical/megger-and-its-types>.

[20 «MEGGER Y SUS TIPOS,» 29 OCTUBRE 2014. [En línea]. Available:

] <https://www.marineinsight.com/marine-electrical/contruction-and-operation-of-megger-explained/>.

[21 C. P. SYSTEMS, 2010. [En línea]. Available: [www.cooperpower.com](http://www.cooperpower.com).

]

[22 DYFIMSA, «PERTIGA CON GANCHO DE RESCATE,» 2013. [En línea]. Available: DYFIMSA.MX.

]

### 7. ANEXOS.

#### PROTOCOLO DE PRUEBAS Y CABLES DE POTENCIA (VESTAS-CONSTR-IC21-F01)

<b>OBRAS Y SERVICIOS CONSTRUTORAL S.A. DE C.V.</b>																																												
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS Y CABLE DE POTENCIAS.</b>																																												
(VESTAS-CONSTR-IC21-F01)																																												
PROYECTO: _____	FECHA DE REGISTRO: _____	Pagina 1 de 2																																										
ELEMENTO: _____	REALIZA: _____																																											
LOCALIZACIÓN: _____	PLANO DE REFERENCIA: _____	N° REV PLANO: _____																																										
<b>1.- DATOS TECNICOS.</b>																																												
Circuito No.:	Marca:	Tension Nom.																																										
Longitud:	Año de Fab.:	No. De empalmes:																																										
Clase Aisl.:	Tipo:	Tipo de empalmes:																																										
Calibre	Salida de:	Llega a:																																										
Tipo de cond:	Tipo de pantalla:																																											
<b>2.- INSPECCION GENERAL.</b>																																												
Aislamiento: <input type="checkbox"/>	Terminales: <input type="checkbox"/>	Limpieza: <input type="checkbox"/>																																										
Aterrizamiento: <input type="checkbox"/>	Identificación: <input type="checkbox"/>	Faseo: <input type="checkbox"/>																																										
<b>3. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO</b>	FECHA: _____	Norma de referencia: _____																																										
<b>3.1 RESISTENCIA AL AISLAMIENTO ANTES DE VLF</b>		<b>3.2 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DESPUES DE VLF</b>																																										
Temp. Amb.(°C): _____	Humedad R.(%): _____	V. Prueba: _____																																										
Temp. Amb.(°C): _____	Humedad R.(%): _____	V. Prueba: _____																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>15 SEG.</th> <th>30 SEG.</th> <th>45 SEG.</th> <th>60 SEG.</th> <th rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Valores en Giga Ohms</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	PRUEBA	15 SEG.	30 SEG.	45 SEG.	60 SEG.	Valores en Giga Ohms	1					2					3					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>15 SEG.</th> <th>30 SEG.</th> <th>45 SEG.</th> <th>60 SEG.</th> <th rowspan="4" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Valores en Giga Ohms</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		PRUEBA	15 SEG.	30 SEG.	45 SEG.	60 SEG.	Valores en Giga Ohms	1					2					3				
PRUEBA	15 SEG.	30 SEG.	45 SEG.	60 SEG.	Valores en Giga Ohms																																							
1																																												
2																																												
3																																												
PRUEBA	15 SEG.	30 SEG.	45 SEG.	60 SEG.	Valores en Giga Ohms																																							
1																																												
2																																												
3																																												
<b>4. DIAGRAMA DE CONEXIÓN PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO</b>																																												
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">EQUIPO DE PRUEBAS</th> </tr> <tr> <th>MARCA</th> <th>MODELO</th> <th>FECHA CAL.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	EQUIPO DE PRUEBAS			MARCA	MODELO	FECHA CAL.																																				
EQUIPO DE PRUEBAS																																												
MARCA	MODELO	FECHA CAL.																																										

**PROTOCOLO DE PRUEBAS Y CABLE DE POTENCIA**

(VESTAS-CONSTR-IC21-F01)

Página 2 de 2

**5. PRUEBA DE ALTO VOLTAJE A MUY BAJA FRECUENCIA**

Norma de referencia: IEEE 400.2-2013

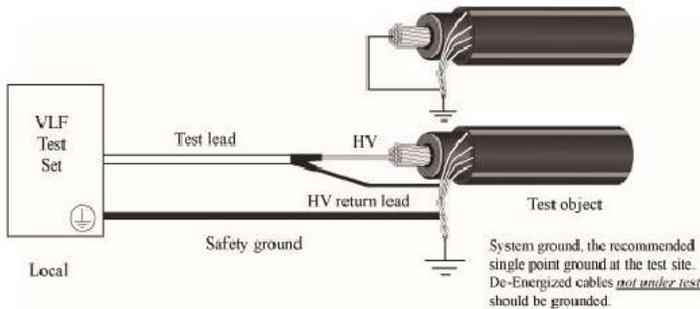
Frecuencia:	Temp. Amb.(°C):	Humedad R.:
Tiempo de prueba:	Ubicación de la inyección:	

**6. REGISTRO DE VALORES DE PRUEBA VLF**

CORRIENTE DE FUGA (mA)

TENSION	15	25	62	62	62	62	62	62	Capacitancia µf
TIEMPO	1	3	5	10	15	20	25	30	
FASE A									
FASE B									
FASE C									

**7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN PRUEBA DE VLF**



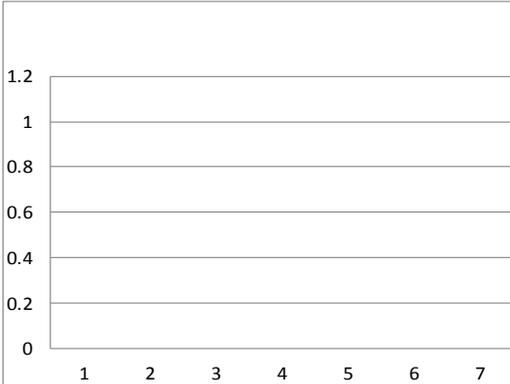
EQUIPO DE PRUEBA.		
MARCA	MODELO	FECHA CAL.

Figure 1—Recommended test hook-up

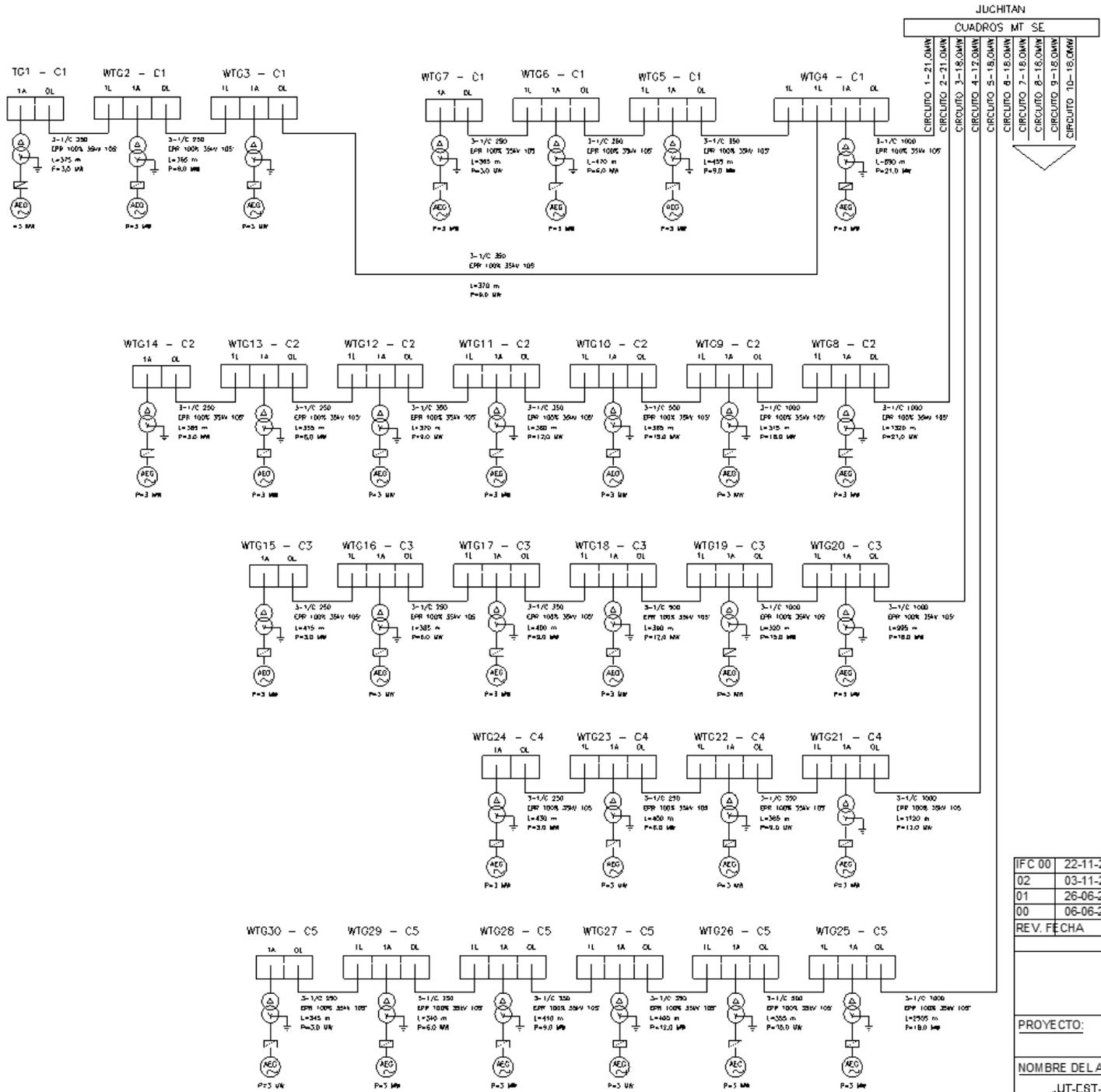
OBSERVACIONES:

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Nombre, Firma: Fecha:	Nombre, Firma: Fecha:	Nombre, Firma: Fecha:

**RESISTENCIA ELÉCTRICA RED DE TIERRAS**  
**(VESTAS-CONSTR-IC22-F01)**

	<b>OBRAS Y SERVICIOS CONSTRUTORAL S.A. DE C.V.</b>	
<b>RESISTENCIA ELECTRICA RED DE TIERRAS</b> <i>(VESTAS-CONSTR-IC22-F01)</i>		
PROYECTO: _____	FECHA DE REGISTRO: _____	
ELEMENTO: _____	REALIZA: _____	
LOCALIZACIÓN: _____	PLANO DE REFERENCIA: _____	N° REV PLANO: _____
<b>EQUIPO DE MEDICION</b>		<b>MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA</b>
MARCA: _____	FECHA DE CALIBRACION: _____	
MODELO: _____	FECHA DE VENCIMIENTO: _____	
N° SERIE: _____		
<b>DESCRIPCION DEL SUELO</b>		
<b>CONDICIONES DEL TERRENO</b>	<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>CALCULOS.</b>
MOJADO <input type="checkbox"/>	ROCA <input type="checkbox"/>	L=
HUMEDO <input type="checkbox"/>	GRAVA <input type="checkbox"/>	LONGITUD DE C2=
SECO <input type="checkbox"/>	ARENA <input type="checkbox"/>	
MUY SECO <input type="checkbox"/>	ARCILLA <input type="checkbox"/>	
	LIMO <input type="checkbox"/>	
<b>LECTUR A N°</b>	<b>Distancia del Electrodo P2</b>	<b>RESISTENCIA</b>
1	10 METROS	<input type="text"/> Ω
2	20 METROS	<input type="text"/> Ω
3	30 METROS	<input type="text"/> Ω
4	40 METROS	<input type="text"/> Ω
5	50 METROS	<input type="text"/> Ω
6	60 METROS	<input type="text"/> Ω
7	70 METROS	<input type="text"/> Ω
8	SISTEMA DE TIERRA Y PICA POTENCIAL	<input type="text"/> Ω
		
<p>De acuerdo a procedimiento, el valor de la resistencia del sistema de tierra a prueba se obtiene calculando el valor promedio de las dos lecturas que tengan menor diferencia entre ellas y al resultado obtenido se le resta la lectura No. 8 *valor de resistencia del sistema de tierra pertenece al intervalo plano de la curva (graficas), por lo que se obtiene calculando.</p> <p>Resist. Sist. = ((lectura [ ] + lectura [ ]) / 2) - lectura 8</p> <p>Resist. Sist. = (( + ) / 2) -</p> <p>Resist. Sist. = Ω</p> <p style="text-align: center;"><b>CUMPLE:</b> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></p>		
OBSERVACIONES:		
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
Nombre, Firma: Fecha:	Nombre, Firma: Fecha:	Nombre, Firma: Fecha:

## DIAGRAMA UNIFILAR DEL P.E BII NISA.



IFC 00	22-11-2017
02	03-11-2017
01	26-06-2017
00	06-06-2017

REV. FECHA

PROYECTO:

NOMBRE DEL ARCH:

.UT-EST-CS-I



<u>SIMBOLOGIA</u>	
	PUGSIA A IIGPPA
	TRANSFORMADOP PT/MT 1 0/34 5 IV S=3 33 MVA
	CONVPTIDOP PSC
	BAPPA DE MEDIA TENSION
	AEROGENERADOR

#### NOTAS GENERALES

1. LOS CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS SERÁN CONFORME A LA NOM-001-SEDE-2012
2. LA CONFIGURACIÓN DE LOS CIRCUITOS SERÁ 3F-4H  
LOS CONDUCTORES DE FASE SERAN DE ALUMINIO CON AISLAMIENTO EPR AL 100%, 35kV. 90°C DE TEMPERATURA DE OPERACIÓN Y EL HILO DE TIERRAS SERÁ DE COBRE SEMIDURO CAL. 1/0 (50mm<sup>2</sup>)
3. LA PANTALLA METÁLICA DEL CONDUCTOR DEBE CONECTARSE SOLIDARIAMENTE A TIERRA, INCLUYENDO LOS EMPALMES
4. SE DEBERÁ VERIFICAR LA LONGITUD DEL CIRCUITO ANTES DE PROCEDER A CORTAR LOS ALIMENTADORES
5. LAS LONGITUDES MOSTRADAS INCLUYEN "COCAS" DE 15m PARA ENTRADA Y SALIDA DE AEROGENERADORES A TRAVÉS DE LA CIMENTACIÓN
6. VER PLANOS DE REFERENCIA:  
"JUT-EST-TR-D-401" PLANTA GENERAL ZANJAS  
"JUT-EST-CS-D-102" PLANTA GENERAL RED DE MEDIA TENSIÓN



**ATERRIZAMIENTO DE EQUIPO A TIERRA (PRUEBA DE RESISTENCIA A TIERRA).**



**EQUIPO DE PRUEBA DE RESISTENCIA A TIERRA (MEGGER).**



**PRUEBAS DE RESISTENCIA A TIERRA.**





**DELIMITACION DEL AREA.**



**INSPECCION PREVIA AL AREA.**

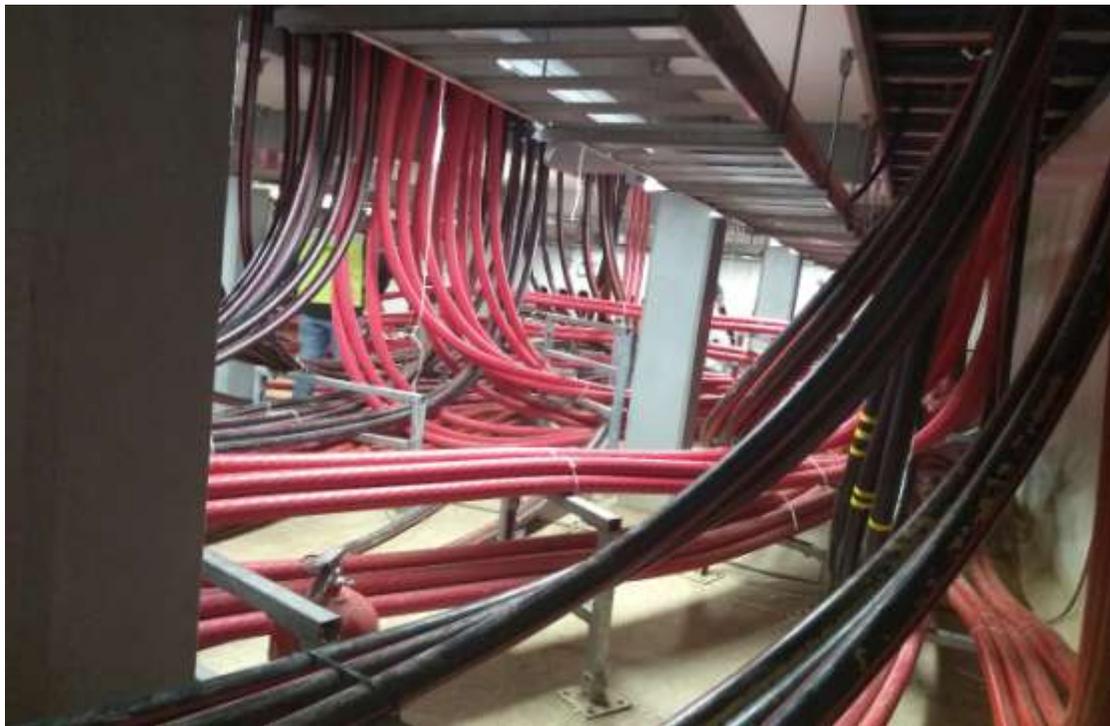


**INSPECCIONES AL AREA CON EL DETCTOR DE AUSENCIA DE TENSION.**





**VARILLA DE TIERRA PARA ATERRIZAMIENTO DE GENERADOR EN PRUEBAS VLF.**



**ACOMODAR LOS CABLES EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CELDA.**



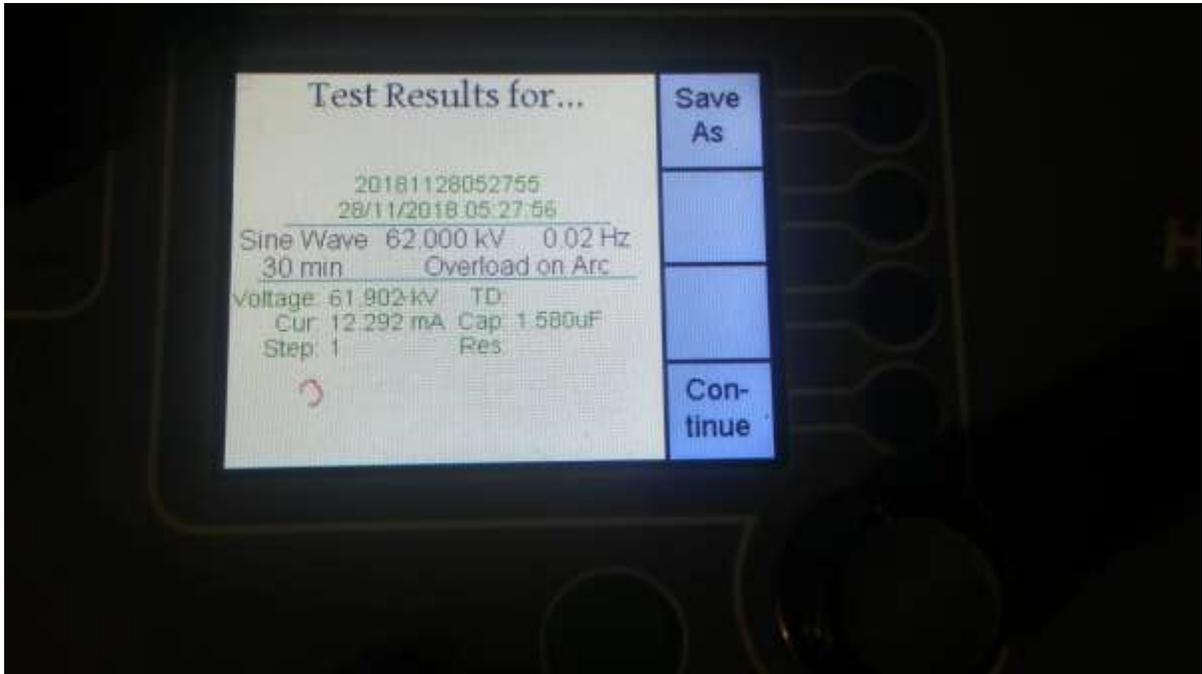
**PREPARACION DE CABLES (TAPONEO DE FASES).**





**COLOCACIÓN DEL EQUIPO Y TODOS SUS ELEMENTOS.**





**PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO VLF Y FORMA DE ONDA.**

Voltage: 61.878 kV  
Cur: 4.901 mA  
Step: 1

TD:  
Cap: 0.126uF  
Res:

Adjust



Stop

13 min 24 secs

62.000 kV

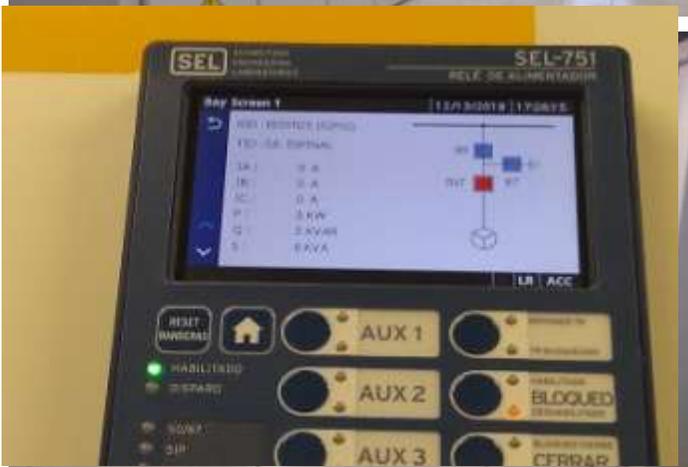




**DESCARGA DESPUES DE PRUEBAS VLF.**



Cuarto de celda de la subestacion.





Componentes de la celda.



Fxtintor en sitio.



Herramienta de maniobra para celda.

## DEFINICIONES Y ABREVIACIONES.

### ➤ **ATERRIZAMIENTO.**

Sistema, circuito o aparatos previstos con una conexión a tierra con el propósito de establecer un circuito de retorno por el suelo y para mantener su potencial al potencial del suelo.

### ➤ **CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.**

Conductor utilizado para conectar una estructura metálica, un equipo o el circuito puesta a tierra (que puede ser el neutro de un transformador o de un generador) al electrodo de tierra.

### ➤ **CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS.**

Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes, al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos.

### ➤ **CORRIENTE A TIERRA.**

Corriente que fluye hacia o fuera de la tierra o sus equivalentes que sirven como tierra.

### ➤ **ELECTRODO ARTIFICIAL.**

Cuerpo metálico conductor de fabricación especial que puede contener componentes químicos.

### ➤ **ELECTRODO AUXILIAR PARA TIERRA.**

Elemento conductor cuya función primaria es conducir la corriente de falla a tierra, hacia el suelo.

### ➤ **ELECTRODO PARA TIERRA.**

Elemento embebido en el suelo y utilizado para coleccionar la corriente a tierra o para disipar la corriente de tierra hacia el suelo.

➤ **ELECTRODO PRIMARIO PARA TIERRAS.**

Electrodo específicamente diseñado o adaptado, para descargar las corrientes de falla a tierra, hacia el suelo, frecuentemente en patrones de descarga específicas según requiera el diseño del sistema de tierras.

➤ **ELEVACION DEL POTENCIAL DE TIERRA (GPR).**

Es el potencial eléctrico máximo que una malla de tierra de una subestación puede alcanzar con relación a un punto de tierra distante, asumiendo que este al potencial de la tierra remota. Este potencial GRP es igual a la corriente máxima de red multiplicada por la resistencia de la malla.

➤ **MEDIA TENSION.**

Valores de tensión eléctrica mayores a 1 kv e iguales o menores a 35 kv.

➤ **REJILLA DE ATERRIZAJE.**

Sistema de electrodos horizontales de tierra, que consiste de un número de conductores desnudos interconectados, enterrados en el suelo, proporcionando una tierra común para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, usualmente ubicados en un lugar específico.

**NOTA:** Las rejillas aterrizadas horizontalmente cerca de la superficie del suelo, son también efectivas para controlar los gradientes de potencial superficial. Una rejilla típica. Usualmente se complementa con un número de varillas de tierra y pueden ser conectadas posteriormente a los electrodos auxiliares de tierra a fin de bajar su resistencia con respecto a la tierra remota.

➤ **RESISTENCIA ELECTRICA DEL CUERPO.**

Es la resistencia eléctrica medida entre extremidades, esto es, entre una mano y ambos pies, entre ambos pies o entre ambas manos.

➤ **SISTEMA DE TIERRAS.**

Comprende a todos los dispositivos de tierra interconectados dentro de un área específica.

➤ **TAPETE PARA TIERRAS.**

Placa metálica solida o un sistema de conductores desnudos separados a poca distancia, conectados. Y frecuentemente colocados a poca profundidad por encima de la rejilla del

sistema de tierras o en otra parte en la superficie del suelo, con el propósito de obtener una medida de protección extra para minimizar el peligro de exposición a altos voltajes de paso o de contacto en un área de operación crítica o en lugares utilizados frecuentemente por la gente. Enrejados metálicos de tierra, colocados arriba de la superficie del suelo o una malla de conductores directamente bajo el material superficial.

➤ **TIERRA.**

Conexión conductora ya sea intencional o accidental por la cual un circuito eléctrico o un equipo está conectado al suelo o algún cuerpo conductor de gran extensión y que sirve en lugar del suelo.

➤ **CABLE DE POTENCIA.**

Elemento utilizado para la distribución de energía en redes de baja tensión, media tensión o alta tensión; de diversos calibres.

➤ **RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

Oposición al paso de la energía eléctrica presentada bajo operación a la que son sometidos, la cual es medida en ohmios.

➤ **VLF.**

Designación utilizada para referenciar una prueba de alta tensión a muy baja frecuencia (Very Low Frequency).

➤ **RESPONSABLES DE CONSTRUCCIÓN.**

Gerente General, Gerente de Producción, Gerente de Planeación y Control.

➤ **SST.**

Seguridad y Salud en el Trabajo.

➤ **MA.**

Medio Ambiente.

➤ **PUESTA A TIERRA.**

Mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas, la cual se encarga de conducir posibles desvíos de corriente hacia a tierra.