

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

**Instrucción Técnica Complementaria
ITC-RAT 23
VERIFICACIONES E INSPECCIONES**

1. PRESCRIPCIONES GENERALES
2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROPIEDAD DE ENTIDADES DE PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
3. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS QUE NO SEAN PROPIEDAD DE ENTIDADES DE PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
4. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS

1. PRESCRIPCIONES GENERALES.

La presente instrucción tiene por objeto desarrollar las previsiones del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en relación con las verificaciones e inspecciones previas a la puesta en servicio, o periódicas de las instalaciones eléctricas de alta tensión.

Serán incluso objeto de verificaciones o inspecciones las instalaciones que se encuentren fuera de servicio sin haber sido desmanteladas, con objeto de revisar el seccionamiento que garantiza la situación de fuera de servicio y garantizar que no se encuentran en un estado de abandono que comprometa la seguridad de las personas o de los bienes.

Las entidades de producción, transporte o distribución que realicen actividades de verificación y los organismos de control que realicen actividades de inspección deberán disponer de los mismos medios técnicos indicados en el anexo I de esta instrucción.

La ITC-RAT 23 establece el régimen de controles (verificaciones e inspecciones) que deben realizarse a las instalaciones de AT, en función de sus características, por los agentes que se indican en cada caso.

En la tabla 1 se resumen los distintos casos que se contemplan en esta ITC.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

Tabla 1. RESUMEN DE VERIFICACIONES E INSPECCIONES

Tipos de instalaciones de AT		Controles (Verificaciones o Inspecciones)	
Propietario	U_n	Control inicial	Control cada 3 años
EPTD	Cualquiera	$V_{EPTD(1)}$	$V_{EPTD(2)}$
No EPTD	≤ 30 kV	$V_{EI(3)}$	$I_{OC(4)}$
	> 30 kV	$V_{EI(3)} + I_{OC(4)}$	$I_{OC(4)}$
Para ceder a EPTD	≤ 30 kV	$V_{EI(3)} + C_{EPTD(5)}$	$V_{EPTD(2)(6)}$
	> 30 kV	$V_{EI} + I_{OC(3)} + C_{EPTD(5)}$	$V_{EPTD(2)(6)}$
I = Inspección V = Verificación C = Comprobación EPTD = Empresa de producción, transporte y distribución (con personal propio o empresa instaladora habilitada mandatada de la EPTD, según artículo 17); AP = Administración Pública EI = Empresa Instaladora OC = Organismo de Control			
(1) Si la EPTD contrata la ejecución de una instalación a una EI, las verificaciones iniciales podrán ser realizadas por la EI, junto con el director de obra. (2) Las verificaciones pueden sustituirse por planes de actuación concertados con la AP que garanticen un mantenimiento adecuado de la instalación. (3) Verificación inicial por EI que ejecute la obra, contando con Director de Obra (Apartado 3 de ITC-RAT23) (4) El OC debe ser asistido por la empresa instaladora o mantenedora, según se trate de inspección inicial o periódica, respectivamente. (5) Comprobación realizada por la EPTD a fin de comprobar que las instalaciones cumplen las especificaciones particulares de la EPTD aprobadas por la AP y vigentes en el momento de la cesión. (6) Las instalaciones una vez cedidas a las EPTD estarán sujetas al mismo régimen de verificación periódica que las instalaciones propiedad de las EPTD			

Según el artículo 2 del RAT aprobado por el RD 337/2014, este Reglamento se aplica también " a las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, en lo referente al régimen de inspecciones que se establecen en el reglamento sobre periodicidad y agentes intervinientes, si bien los criterios técnicos aplicables en dichas inspecciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron". En este sentido cabe entender que el régimen de inspecciones se refiere tanto a las inspecciones propiamente dichas como a las verificaciones que las sustituyen en caso de instalaciones propiedad de empresas eléctricas. Como resultado de la verificación habrá que elaborar el correspondiente acta de verificación.

2. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROPIEDAD DE ENTIDADES DE PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1 VERIFICACIÓN

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de alta tensión deberán ser realizadas por el titular de la instalación o por una empresa mandataria. Si la verificación fuera realizada por empresas mandatadas, éstas deberán ser empresas instaladoras habilitadas según ITC-RAT 21.

Al término de la ejecución de la instalación, el titular de la instalación o la empresa instaladora mandatada realizará las verificaciones que resulten oportunas contando para ello con el director de obra a fin de comprobar su correcta ejecución. Cuando se realicen ensayos o medidas la empresa instaladora garantizará el correcto estado de calibración de los equipos utilizados en las mismas.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

VERIFICACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN SERVICIO.

Se efectuarán los ensayos previos a la puesta en servicio que establezcan las normas de obligado cumplimiento.

En cualquier caso, en las instalaciones de alta tensión se efectuarán las siguientes verificaciones:

- a) Medidas de las tensiones de paso y contacto, con la particularidad de que en las instalaciones de tercera categoría, se podrá aplicar lo indicado en la ITC-RAT 13.
- b) Verificación de las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, siempre que no se hayan realizado previamente ensayos de aislamiento según lo establecido en la ITC-RAT 12.
- c) Para instalaciones de tensión igual o superior a 220 kV, verificación del estado del aislamiento y en particular de la rigidez dieléctrica de los aislantes líquidos.
- d) Verificación visual y ensayos funcionales del equipo eléctrico y de partes de la instalación.
- e) Pruebas funcionales de los relés de protección y de los enclavamientos montados en obra.
- f) Comprobación de que existen el esquema unifilar de la instalación y los manuales con instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos y materiales.

VERIFICACIONES PERIÓDICAS.

Las instalaciones eléctricas de alta tensión serán objeto de verificaciones periódicas, al menos una vez cada tres años, realizando las comprobaciones que permitan conocer el estado de sus diferentes componentes, y en particular para instalaciones de tensión nominal mayor o igual de 220 kV, la verificación del estado del aislamiento y en particular de la rigidez dieléctrica de los aislantes líquidos. La verificación periódica deberá llevarse a efecto antes de la finalización de la fecha de validez de la anterior verificación.

Durante la verificación periódica se revisarán las instalaciones de puesta a tierra a fin de comprobar su estado. Esta revisión consistirá en una inspección visual y en la medida de la resistencia de puesta a tierra, no requiriéndose la medida de la tensión de paso y contacto, salvo en aquellos casos en los que hayan variado las condiciones del proyecto original, debido a variaciones constructivas en el entorno inmediato de la instalación, por ejemplo por disminución de la resistividad superficial, como sucede en caso de ajardinamiento, o por la construcción de nuevos elementos metálicos próximos a la instalación (marquesinas de parada de autobuses, quioscos con elementos metálicos, etc.).

Las verificaciones se podrán sustituir por planes concertados con la Administración pública competente, que garanticen que la instalación está correctamente mantenida.

Como resultado de la verificación, la entidad titular emitirá un Acta de Verificación, en la cual figurarán los datos de identificación de la instalación, la relación de las comprobaciones realizadas, y la posible relación de defectos, planes y plazos de corrección que en el caso de defectos graves o muy graves y para verificaciones periódicas no excederán de seis meses.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

La entidad titular enviará una copia del Acta de Verificación a la Administración pública competente en el plazo de un mes desde su ejecución. Este requisito no será necesario en el caso de que la entidad titular disponga de un proceso informático que permita a la Administración pública competente listar y auditar los resultados de las verificaciones efectuadas.

En instalaciones existentes antes de la entrada en vigor del RD 337/2014 las verificaciones periódicas obligatorias a realizar serán las incluidas en la reglamentación anterior (RD 3275/1982), que concretamente exige la revisión de la instalación de puesta a tierra para comprobar su estado.

2.2 INSPECCIÓN

La Administración pública competente podrá efectuar inspecciones según establece la legislación sectorial vigente.

3. VERIFICACIÓN E INSPECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS QUE NO SEAN PROPIEDAD DE ENTIDADES DE PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Todas las instalaciones de alta tensión deben ser objeto de una verificación previa a la puesta en servicio y de una inspección periódica, al menos cada tres años. La inspección periódica deberá llevarse a efecto antes de la finalización de la fecha de validez de la anterior inspección. Las instalaciones de tensión nominal superior a 30 kV deberán ser objeto, también, de una inspección inicial antes de su puesta en servicio.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones de alta tensión deberán ser realizadas por las empresas instaladoras que las ejecuten.

Sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la Administración pública, los agentes que lleven a cabo las inspecciones de las instalaciones deberán tener la condición de organismos de control, acreditados para este campo reglamentario.

Si la instalación va a ser cedida a una entidad de transporte o distribución, el propietario que cede la instalación deberá justificar a la entidad de transporte o distribución que la puesta en servicio ha sido realizada según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. Además, en la verificación que se realice previamente a la cesión, tendrá que comprobarse también que la instalación está realizada conforme a las especificaciones particulares de la entidad de transporte o distribución, aprobadas por la Administración pública competente y vigentes en el momento de la cesión. En caso de que la instalación no cumpla estos requisitos, la entidad de transporte o distribución podrá exigir al propietario las modificaciones o ensayos correspondientes para cumplir los requisitos.

3.1 VERIFICACIONES

Para la verificación inicial previa a la puesta en servicio se efectuarán los ensayos previos a la puesta en servicio que se indican en el apartado 2.1.

Al finalizar la instalación, la empresa instaladora realizará las verificaciones que resulten oportunas contando para ello con el director de obra a fin de comprobar su correcta ejecución. Cuando se realicen ensayos o medidas de verificación la empresa instaladora podrá usar equipos propios o en su caso ajenos, siempre que garantice su correcto estado de calibración.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

Se realizarán las mismas pruebas y ensayos indicados en el apartado 2.1 para las verificaciones previas a la puesta en servicio.

3.2 INSPECCIONES

3.2.1. Inspección inicial.

En la inspección inicial se comprobará que los ensayos a realizar por la empresa instaladora, correspondientes a las verificaciones previas a la puesta en servicio se ejecutan correctamente, con los medios técnicos apropiados y en correcto estado de calibración, así como que el resultado obtenido es satisfactorio. También se comprobará que existe coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las condiciones de cálculo del proyecto, así como que la instalación cumple con las condiciones establecidas en este Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

La entidad de inspección debe asegurar que las verificaciones realizadas por la empresa instaladora se ejecutan correctamente, para lo cual puede dirigir las medidas realizadas por el personal de la empresa instaladora o realizarlas con sus medios, completándolas, en su caso, con las medidas y ensayos necesarios establecidos en su procedimiento de inspección, ya que la responsabilidad de la realización de las operaciones de inspección, medición y control es de la entidad de inspección.

Se realizarán las mismas pruebas y ensayos indicados en el apartado 2.1 para las verificaciones previas a la puesta en servicio.

3.2.2. Inspección periódica.

En las instalaciones se efectuarán, como mínimo, las medidas indicadas en el apartado 2.1 para las verificaciones periódicas.

Se realizarán las mismas pruebas y ensayos indicados en el apartado 2.1 para las verificaciones periódicas.

3.3 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN

Las inspecciones y verificaciones de las instalaciones se realizarán sobre la base de las prescripciones que establezca la norma de aplicación, y, en su caso, de lo especificado en el proyecto, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionan en el apartado siguiente.

3.3.1 Procedimiento de inspección inicial o periódica.

La empresa instaladora que haya ejecutado la instalación o la responsable del mantenimiento, según se trate de inspecciones iniciales o periódicas, deberá asistir al organismo de control en la realización de las pruebas y ensayos necesarios. En ningún caso esta asistencia supondrá la realización de las operaciones de inspección, medición y control por parte del instalador.

Las inspecciones iniciales o periódicas incluirán pruebas, ensayos y medidas. La responsabilidad de la realización de estos ensayos, pruebas o medidas es de la entidad de inspección para lo cual la entidad debe utilizar su propio procedimiento de inspección.

Durante los ensayos y medidas de inspección la entidad podrá usar equipos propios o, en su caso, ajenos, siempre que garantice que los equipos cumplen con los requisitos de calibración, incertidumbre y criterios de aceptación y rechazo establecidos en sus procedimientos. La empresa instaladora deberá

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

asistir a las entidades de inspección durante la realización de los ensayos y medidas, cumpliendo para ello con la legislación de prevención de riesgos laborales.

Como resultado de la inspección, el agente encargado de la inspección emitirá un certificado de inspección, en el cual figurarán los datos de identificación de la instalación, la relación de las comprobaciones realizadas, la posible relación de defectos, con su clasificación, y la calificación de la instalación, planes y plazos de corrección que no excederán de seis meses, así como el registro de las últimas operaciones de mantenimiento realizadas por la empresa responsable del mantenimiento de la instalación.

3.3.2 Calificación de la instalación

La calificación de una instalación, como resultado de una inspección o verificación, podrá ser:

- a) Favorable: Cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular.
- b) Condicionada: Cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido, pero que podría agravarse con el paso del tiempo y poner en riesgo la seguridad de la instalación.

En este caso:

b.1) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán ser puestas en servicio en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.

b.2) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, que no podrá superar los seis meses. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el organismo de control deberá remitir el certificado con la calificación negativa a la Administración pública competente.

- c) Negativa: Cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

c1) Las nuevas instalaciones no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de favorable.

c2) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá certificado negativo, que se remitirá inmediatamente, por el organismo de control a la Administración pública competente.

4. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS

Los defectos en las instalaciones se clasificarán en: defectos muy graves, defectos graves y defectos leves.

4.1 Defecto Muy Grave

Es todo aquél que la razón o la experiencia determina que constituye un riesgo grave e inminente para la seguridad de las personas o los bienes.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

Se consideran tales los incumplimientos de las medidas de seguridad que pueden provocar el desencadenamiento de los peligros que se pretenden evitar con tales medidas, en relación con:

- a) Reducción de distancias de seguridad o del grado de protección a la penetración de cuerpos extraños aplicable.
- b) Reducción de distancias de aislamiento.
- c) Degradación importante o defecto en el aislamiento.
- d) Falta de continuidad del circuito de tierra.
- e) Tensiones de paso y contacto superiores a los valores límites admisibles.

4.2 Defecto Grave

Es el que no supone un riesgo grave e inminente para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

Dentro de este grupo, y con carácter no exhaustivo, se consideran los siguientes defectos graves:

- a) Falta de conexiones equipotenciales, cuando éstas fueran requeridas.
- b) Degradación del aislamiento.
- c) Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas en los materiales, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos, de acuerdo con sus características y condiciones de instalación.
- d) Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas, cuando estas conexiones fueran preceptivas.
- e) Sección insuficiente de los cables y circuitos de tierras.
- f) Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución o mantenimiento pudiera ser origen de averías o daños.
- g) Naturaleza o características no adecuadas de los equipos utilizados.
- h) Empleo de equipos y materiales que no se ajusten a las especificaciones aplicables.
- i) Ampliaciones o modificaciones de una instalación que no se hubieran tramitado según lo establecido en la ITC-RAT 22.
- j) No coincidencia entre las condiciones reales de la instalación con las condiciones de cálculo del proyecto.
- k) Ausencia de las declaraciones de conformidad de los equipos, o falta de veracidad de las mismas.
- l) La sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves que por efecto de su combinación o acumulación supongan un peligro para la seguridad de las personas o de los bienes.

4.3 Defecto Leve.

Es todo aquel que no supone peligro para las personas o los bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

ANEXO

MEDIOS TÉCNICOS MÍNIMOS REQUERIDOS PARA LA VERIFICACIÓN O INSPECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

1. Equipos

En este apartado se detallan los equipos de medida y ensayo mínimos.

Para ciertas verificaciones, podrían ser necesarios otros equipos de ensayo y medida, en cuyo caso podrán ser subcontratadas a empresas especializadas o a laboratorios acreditados según la UNE-EN-ISO/IEC 17025.

1.1. Equipos necesarios para cualquier categoría.

- Telurómetro.
- Medidor de aislamiento de, al menos, 10 kV.
- Pértiga detectora de la tensión correspondiente a la categoría solicitada.
- Pértigas de puesta a tierra y en cortocircuito.
- Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes:
 - Tensión alterna y continua hasta 500 V.
 - Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
 - Resistencia.
- Miliohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A.
- Medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 5 A para instalaciones de tercera categoría, y con fuente de intensidad de 50 A para instalaciones de categoría superior.
- Cámara de termografía.
- Equipo verificador de la continuidad de conductores.

1.2. Equipos complementarios para la categoría AT2 para comprobar el estado de los transformadores y de los interruptores automáticos.

Sistema de medida de la corriente de excitación y pérdidas en vacío de transformadores de potencia.

Equipo medidor de relación de transformación y desfase.

Medidor de capacidad y tangente de delta en transformadores.

Medidor de rigidez dieléctrica de aislantes líquidos.

Medidor de tiempos de cierre y apertura de interruptores automáticos.

Los equipos se mantendrán en correcto estado de funcionamiento y calibración. Cuando se subcontraten ensayos y medidas especiales, el agente encargado de la verificación o inspección comprobará el correcto estado de calibración de los equipos.

2. Equipos y medios de protección individual

Estarán de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades de la instalación.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

Tipo de comprobación	Defecto muy graves o graves a evitar según ITC-RAT 23	Inicial			Periódica		
		Un ≤ 30 kV	30 kV < Un < 220 kV	Un ≥ 220 kV	Un ≤ 30 kV	30 kV < Un < 220 kV	Un ≥ 220 kV
Medidas de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto.	<ul style="list-style-type: none"> – Tensiones de paso y contacto superiores a los valores máximos admisibles – No coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las del proyecto. 	(I1)	(I1)	(I1)	(P1)	(P1)	(P1)
Comprobación de las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, si no se han realizado previamente ensayos de aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> – Reducción de distancias de aislamiento. – No coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las del proyecto 	(I2)	(I2)	(I2)	(P2)	(P2)	(P2)
Aislamiento de terminaciones de líneas con cables	<ul style="list-style-type: none"> – Degradación o defecto en el aislamiento. 	(I3)	(I3)	(I3)	(P3)	(P3)	(P3)
Aislamiento de puentes de cables		(I3)	(I3)	(I3)	n.a.	n.a.	(P3)
Aislamiento de GIS y transformadores.		n.a.	(I4) Aplicable si Un ≥ 52kV	(I4)	n.a.	n.a.	(P4)
Rigidez dieléctrica de los aislamientos líquidos.		n.a.	n.a.	(I5)	n.a.	n.a.	(P5)
Comprobaciones visuales del circuito de puesta a tierra y de otras partes de la instalación.		<ul style="list-style-type: none"> – Falta de continuidad del circuito de puesta a tierra. – Conexión defectuosa de los conductores de protección a las masas. – Sección insuficientes de los cables y circuitos de tierra. 	(I6)	(I6)	(I6)	(P6)	(P6)

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

Tipo de comprobación	Defecto muy graves o graves a evitar según ITC-RAT 23	Inicial			Periódica		
		$Un \leq 30 \text{ kV}$	$30 \text{ kV} < Un < 220 \text{ kV}$	$Un \geq 220 \text{ kV}$	$Un \leq 30 \text{ kV}$	$30 \text{ kV} < Un < 220 \text{ kV}$	$Un \geq 220 \text{ kV}$
Comprobaciones visuales del circuito de puesta a tierra y de otras partes de la instalación.	– Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución o mantenimiento pudiera ser origen de averías o daños.	(I6)	(I6)	(I6)	(P6)	(P6)	(P6)
Comprobaciones documentales	– Ausencia de declaraciones de conformidad de los equipos o falta de veracidad de las mismas. – No coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las del proyecto	(I7)	(I7)	(I7)	n.a.	n.a.	n.a.
Ensayos funcionales del equipo eléctrico y de partes de la instalación.	– Naturaleza o características no adecuadas de los equipos utilizados.	(I8)	(I8)	(I8)	n.a.	n.a.	n.a.
Pruebas funcionales de los relés de protección	– Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas	(I9)	(I9)	(I9)	n.a.	n.a.	n.a.
Pruebas funcionales de los enclavamientos montados en obra.	– No coincidencia entre las condiciones reales de la instalación y las del proyecto	(I10)	(I10)	(I10)	n.a.	n.a.	n.a.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

COMPROBACIONES INICIALES.

11. Medidas de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto.

El alcance de las comprobaciones a realizar en las instalaciones de puesta a tierra se basa en lo indicado en la ITC-RAT 13 apartado 8.

Tal y como indica la ITC-RAT 13 para instalaciones de tensión nominal menor o igual de 30 kV, como centros de transformación, las medidas de tensión de paso y contacto podrán sustituirse por medidas de resistencia de puesta a tierra siempre que se haya establecido la correlación entra ambas, dicha correlación se haya comprobado en la práctica, y esté admitido por el Órgano territorial competente.

Medidas de la resistencia de puesta a tierra.

Se deberá medir el valor de la resistencia de puesta a tierra de la instalación. La medida de la resistencia de puesta a tierra de una instalación se realiza desconectando de la instalación de puesta de tierra cualquier otro elemento conectado a tierra. Para vigilar su evolución en las comprobaciones periódicas se puede tomar como referencia el valor de resistencia de puesta a tierra del proyecto u otro valor cuya idoneidad se haya demostrado mediante mediciones de tensiones de paso y contacto.

En centros de transformación se medirán tanto la puesta a tierra general del centro como la puesta a tierra del neutro.

Las medidas de resistencia de puesta a tierra de instalaciones de gran extensión, tales como subestaciones puede realizarse por el método de inyección de alta corriente. La norma UNE-EN 50522 incluye un resumen de técnicas de medida de resistencia de puesta a tierra.

Medidas de las tensiones de paso y contacto.

La medida de la tensión de contacto se debe realizar antes de la puesta en servicio de cualquier instalación de alta tensión. No obstante, tal y como indica la ITC-RAT 13 para instalaciones de tensión nominal menor o igual de 30 kV, como son los centros de transformación, las medidas de tensión de paso y contacto podrán sustituirse por medidas de resistencia de puesta a tierra siempre que se haya establecido la correlación entra ambas, se haya comprobado en la práctica que dicha correlación garantiza el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto reglamentarias, y que todo ello esté admitido por el Órgano territorial competente.

Las medidas de las tensiones de paso y contacto se tratan en el Anexo -1 de esta GUÍA RAT 23.

12. Comprobación de las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, si no se han realizado previamente ensayos de aislamiento.

Se deben comprobar que las distancias de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre partes en tensión y tierra cumplen con las que vienen definidas en la ITC-RAT 12 excepto para los equipos en los que se hayan realizado ensayos de comprobación del nivel de aislamiento.

Las distancias de aislamiento y las distancias de pasillos y zonas de protección indicadas en las ITC-RAT 14 y 15, no presuponen el cumplimiento con las distancias de seguridad necesarias para realizar trabajos con riesgo eléctrico en instalaciones de alta tensión. La reglamentación que establece las distancias para la realización de trabajos con riesgo eléctrico están definidas en el RD 614/2001, de 8 de junio, sobre

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, BOE nº 148 21/06/2001 y en su guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. Por ejemplo en los pasillos de subestaciones que tengan elementos en tensión por encima, tales como embarrados, la altura libre de los pasillos (desde el suelo hasta los elementos en tensión) cuando se realicen trabajos con riesgo eléctrico debe cumplir los requisitos establecidos en el RD 614/2001 para trabajos sin tensión o al menos en proximidad en función de las distancias libres existentes.

En el caso de centros de transformación, cuando se utilicen bornas no enchufables, se comprobarán las distancias libres en aire entre las partes activas de las conexiones al transformador y los elementos puestos a tierra.

13. Aislamiento de terminaciones de líneas con cables y puentes de cables

Conforme a lo prescrito en la ITC-LAT 05 del Reglamento de líneas de alta tensión (RD 223/2008) debe comprobarse el aislamiento principal de las terminaciones de las líneas con cables antes de su puesta en servicio. Para tal fin la guía de la ITC-LAT 05 recomienda la utilización de alguno de los métodos descritos en la norma UNE 211006.

Los puentes con cables aislados de alta tensión que interconectan distintos elementos de la instalación que se ejecuten en obra y por tanto no se hayan podido ensayar en fábrica, deberán ensayarse también según uno de los métodos descritos en la norma UNE 211006 para comprobar el estado del aislamiento principal y de la cubierta.

Para los casos en los que se compruebe el aislamiento principal mediante la medida de descargas parciales a la tensión de red durante 24 horas, este ensayo podrá realizarse con o sin carga.

Para la comprobación de la cubierta se utilizará el megóhmetro de 10 kV del Anexo 1 de la ITC-RAT 23, que deberá ser capaz de suministrar la corriente establecida en la norma UNE 21006 por km de longitud de cable.

En caso de realizarse el ensayo opcional de medida de la resistencia del circuito principal o de la pantalla se utilizará el miliohmímetro de 50 A, indicado en el Anexo 1 de la ITC-RAT 23.

14. Aislamiento de GIS y transformadores.

La verificación inicial del estado del aislamiento en instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220kV debe realizarse mediante ensayos dieléctricos según la norma de producto aplicable (UNE-EN 62271-203 para GIS y UNE-EN 60076-3 para transformadores de potencia). Los ensayos se realizarán únicamente sobre las partes de la instalación que no se hayan podido ensayar en fábrica, cuando el montaje o una parte del montaje se realiza en obra, por ejemplo los conjuntos GIS.

Para conjuntos GIS de tensión más elevada del material superior a 52 kV que se monten y acoplen "in situ", la norma de obligado cumplimiento aplicable, UNE-EN 62271-203, establece los ensayos que deben realizarse en el lugar de la instalación después del montaje y antes de la puesta en servicio.

15. Rigidez dieléctrica de los aislamientos líquidos.

Para instalaciones de tensión $U_n \geq 220kV$ se determinará también la tensión de ruptura dieléctrica a frecuencia industrial del líquido dieléctrico según el método descrito en la norma UNE-EN 60156. La

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

toma de muestras del líquido aislante se realizará siguiendo el método descrito en la norma UNE-EN 60475. Para analizar otras propiedades de los aceites minerales aislantes se utilizará la norma UNE-EN 60422.

16. Comprobaciones visuales del circuito de puesta a tierra y de otras partes de la instalación.

Las comprobaciones visuales a realizar para el circuito de puesta a tierra incluirán al menos las siguientes:

- Continuidad del circuito de puesta a tierra, especialmente en el punto de conexión con la línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra y en zonas próximas al suelo expuestas a alteración por golpes, roces o vandalismo.
- Correcto estado de la conexión de cada masa o elemento metálico al circuito de puesta a tierra, por ejemplo verificar la posible rotura o inexistencia del conductor de interconexión entre un apoyo, envolvente o estructura metálica y el electrodo de puesta a tierra.

En caso de que la comprobación visual no se pueda realizar o pueda dar lugar a dudas sobre el estado de la conexión (por ejemplo debido a existencia de deformaciones o signos de corrosión), se podrán realizar mediciones de continuidad, inyecciones de corriente o mediciones por otros métodos.

- Para instalaciones de tercera categoría sobre apoyo o a pie de apoyo, comprobar la existencia de una protección mecánica de los conductores de conexión a tierra de los apoyos en las zonas inmediatamente inferior y superior al nivel del terreno que los proteja contra golpes y roces.
- Inexistencia de signos de corrosión en las conexiones del circuito de puesta a tierra, o de corrosión grave en los apoyos, estructuras metálicas o pórticos.
- Estado correcto de los medios utilizados para evitar la escalada en los apoyos frecuentados.

Para otras partes de la instalación se realizará una comprobación visual de cada uno de sus componentes (aparamenta bajo envolvente metálica, transformadores de potencia y medida, pararrayos, puentes de conexión y sistemas auxiliares).

También se comprobará la coincidencia entre las características reales de la instalación (valores asignados que figuran en las placas de características) y las condiciones especificadas en el proyecto, además de las establecidas en la reglamentación aplicable.

Para celdas de tipo abierto no prefabricadas se verificarán las distancias de pasillos y zonas de protección indicadas en las ITC-RAT 14 y en la ITC-RAT 15. En instalaciones de exterior se comprobará que la altura de las vallas exteriores es como mínimo de 2,2 m. Se comprobará también la altura y anchura de los pasillos, así como las distancias a elementos en tensión.

17. Comprobaciones documentales:

Se comprobará "in-situ" que la instalación realmente ejecutada se corresponde con la documentación del proyecto, así como que los manuales de operación y mantenimiento y las declaraciones de conformidad son los correspondientes a los equipos y materiales instalados. Se revisará el protocolo de ensayos del

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

transformador y en particular su potencia de pérdidas, conforme a lo establecido en la ITC-RAT 07 GUIA. En cualquier caso no será necesario conservar la documentación en la propia instalación si se dispone, por ejemplo, de sistemas de almacenamiento informático con acceso remoto que garanticen que está fácilmente disponible para el personal técnico encargado de la instalación.

18. Ensayos funcionales del equipo eléctrico y de otras partes de la instalación.

Se comprobará el correcto funcionamiento de los elementos de maniobra de la instalación, estando dichos elementos sin tensión, es decir, desconectados de la red.

Antes de la puesta en servicio de la instalación se realizarán los ensayos necesarios para comprobar que los distintos elementos de alta tensión, tales como transformadores de potencia, transformadores de medida y protección o interruptores automáticos de alta tensión no han sufrido problemas durante el transporte.

Para los transformadores de medida instalados en celdas de medida de alta tensión se comprobará que la carga de los circuitos secundarios está entre el 25% y el 100% de la carga de precisión para los transformadores de intensidad y entre el 50% y el 100% para los transformadores de tensión y que su sección es igual o superior a 6 mm².

19. Pruebas funcionales de los relés de protección.

Se realizarán las pruebas de funcionamiento de los relés de protección que no hayan sido probados para las condiciones de explotación, provocando la apertura del interruptor. Se pueden realizar las pruebas funcionales siguientes:

- Comprobación del funcionamiento de cada protección eléctrica, es decir, sus tres componentes básicos: el sensor (transformador de tensión o de corriente generalmente), relé de protección y aparato de corte.
- Realización de su parametrización, carga de la lógica, carga de los ajustes, ensayo de las funciones de protección activas mediante inyección primaria en el caso de los transformadores de intensidad o desde las cajas secundarias de los sensores: TT's, o TI's, o bien, desde las bornas de prueba en las celdas de los relés de protección. Se verificarán las entradas y salidas de los relés de protección, sus alarmas y señalizaciones, locales y remotas.

110. Pruebas funcionales de los enclavamientos montados en obra.

Se comprobará que los enclavamientos montados en obra funcionan correctamente, de forma que se garantice la seguridad de los trabajadores.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

COMPROBACIONES PERIÓDICAS

P1. Medidas de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto.

Medidas de resistencia de puesta a tierra.

En centros de transformación se medirán tanto la puesta a tierra general del centro como la puesta a tierra del neutro.

Se deberá medir el valor de la resistencia de puesta a tierra de la instalación, recomendándose que no sea superior en un 50% del valor especificado en proyecto, salvo que se haya verificado con mediciones de paso y contacto un valor de resistencia límite diferente. Se deberá registrar su valor para poder vigilar su evolución en posteriores comprobaciones.

En ciertas ocasiones, por ejemplo en el caso de múltiples centros de transformación cuyas instalaciones de puesta a tierra están interconectadas entre sí a través de las pantallas de los cables aislados, y con el objeto de no desconectar las pantallas de los cables de tierra durante las verificaciones o inspecciones periódicas, la medida de la resistencia de puesta a tierra de la instalación puede sustituirse por la medida de la resistencia de puesta a tierra global, combinada con la medida de la resistencia de puesta a tierra del bucle.

La resistencia de puesta a tierra global es la resistencia de tierra considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas a tierras y se mide con un telurómetro, sin necesidad de desconectar las pantallas. La resistencia del bucle es la resistencia de puesta a tierra del centro en serie con el equivalente paralelo de la totalidad de las resistencias de puesta a tierra, exceptuando la propia del centro y se mide con ayuda de una pinza amperimétrica adaptada para este fin que abraza el punto de conexión a tierra del centro. Con este método la resistencia de puesta a tierra del centro se calcula a partir de los valores de resistencia de puesta a tierra global y de la resistencia del bucle.

$$R_{bucle} = R_{centro} + R_{paralelo}$$

$$R_{glogal} = \frac{R_{centro} \cdot R_{paralelo}}{R_{centro} + R_{paralelo}}$$

Por tanto:

$$R_{centro} = R_{bucle} \cdot \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{R_{glogal}}{R_{bucle}}} \right)$$

Medidas de tensiones de paso y contacto.

Se realizarán las medidas de las tensiones de contacto y, en su caso, de paso, cuando se produzcan cambios en la instalación que puedan afectar a su valor, por ejemplo por presencia de nuevos elementos metálicos accesibles desde el exterior de un centro de transformación o por disminución de la resistividad superficial del terreno, debido por ejemplo al ajardinamiento de la instalación.

En el caso de centros de transformación, y con objeto de no desconectar de tierra las pantallas de los cables, las medidas de las tensiones de paso y contacto se realizarán preferentemente con los seccionadores de la caja de registro de tierras, cerrados. Se inyectará una corriente, I_m , conectando la

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

fuelle a un punto de la tierra general en la caja de registro, lo que provocará que una corriente menor, I'_m , circule por la puesta a tierra general del centro, tal como se muestra en la figura 1.

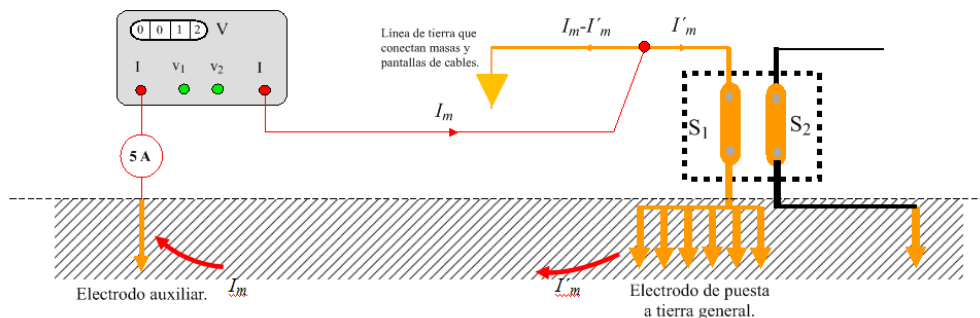


Figura 1. Inyección de corriente en un CT para la medida de tensiones de paso y contacto.

Con este montaje las medidas de la tensión de paso y contacto obtenidas se multiplicarán por el factor, I_f/I_m .

P2. Comprobación de las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, si no se han realizado previamente ensayos de aislamiento.

Se comprobarán las distancias mínimas de aislamiento en aire entre partes en tensión y entre éstas y tierra, si se aprecia algún cambio respecto de la verificación anterior que pueda afectar a las distancias de aislamiento. No será necesario para los equipos en los que se hayan realizado ensayos de comprobación del nivel de aislamiento.

P3. Aislamiento de terminaciones de líneas con cables y puentes de cables

Conforme a lo prescrito en la ITC-LAT 05 del Reglamento de líneas de alta tensión (RD 223/2008) las líneas eléctricas de alta tensión propiedad de empresas de transporte y distribución de energía eléctrica serán objeto de verificaciones periódicas, al menos una vez cada tres años, realizando las comprobaciones que permitan conocer el estado de los diferentes componentes de las mismas.

Conforme a lo prescrito en la ITC-LAT 05 del Reglamento de líneas de alta tensión (RD 223/2008) se comprobará al menos cada tres años el aislamiento principal y de la cubierta de las líneas eléctricas con conductores aislados que no sean propiedad de empresas de transporte y distribución de energía eléctrica. Se podrán utilizar los métodos de ensayo descritos en la norma UNE 211006.

Para instalaciones de tensión nominal mayor o igual de 220 kV se comprobará el estado del aislamiento de las terminaciones y de los puentes con cables aislados que interconectan distintos elementos de la instalación de alta tensión. Se podrán utilizar los métodos de ensayo descritos en la norma UNE 211006.

P4. Comprobación del estado del aislamiento de GIS y transformadores.

La comprobación del estado del aislamiento en instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV se realizará preferentemente en condiciones normales de explotación mediante la medida de descargas parciales por métodos electromagnéticos, ópticos, acústicos o químicos (p.e. análisis de aceites).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

Alternativamente pueden utilizarse técnicas de medida off-line en cuyo caso la tensión de prueba aplicada mediante un generador externo que permita una tensión de ensayo al menos igual a la tensión más elevada de la red.

P5. Comprobación de la rigidez dieléctrica de los aislamientos líquidos.

Idéntica comprobación que en I5.

P6. Comprobaciones visuales del circuito de puesta a tierra y de otras partes de la instalación.

La comprobación periódica del circuito de puesta a tierra se realizará igual que la inicial.

Se realizará una comprobación visual de cada uno de los componentes de la instalación (aparamenta bajo envolvente metálica, transformadores de potencia y medida, pararrayos, puentes de conexión y sistemas auxiliares).

Se comprobarán igualmente las distancias mínimas de pasillos y zonas de protección y el grado de protección de las envolventes prefabricadas, si existe alguna duda de que la instalación haya sido modificada desde la verificación o inspección anterior.

Se comprobará que existen el esquema unifilar de la instalación y los manuales con instrucciones de operación y mantenimiento de los equipos y materiales. En cualquier caso no será necesario conservar la documentación en la propia instalación si se dispone, por ejemplo, de sistemas de almacenamiento informático con acceso remoto que garanticen que está fácilmente disponible para el personal técnico encargado de la instalación.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

ANEXO 1 GUÍA RAT 23

Medida de las tensiones de paso y contacto.

La tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} , es la que se recoge en la figura 1 y en la tabla 1 de la ITC-RAT 13. Esta tensión admisible se refiere a una trayectoria de corriente entre cualquier mano y los pies. Cuando se trate de establecer la tensión de contacto aplicada admisible para otro trayecto de la corriente se habrá de tener en cuenta el denominado factor del corazón según la norma UNE-IEC/TS 60479-1 referenciada en la propia ITC-RAT 13, del modo siguiente:

$$U_{ca, \text{para otro trayecto de corriente}} = \frac{U_{ca, MIE-RAT 13}}{F_c}$$

Por ejemplo, el factor del corazón para un trayecto de la corriente entre las dos manos es $F_c = 0,4$.

Para la medida de las tensiones de paso y contacto aplicadas debe inyectarse una corriente conocida entre la instalación de tierra a verificar y un electrodo auxiliar remoto, de modo que se genere una elevación de potencial de la instalación de tierra a verificar. La separación entre el electrodo de puesta a tierra a medir y el electrodo auxiliar remoto debe ser preferentemente mayor de cinco veces la dimensión del electrodo a medir.

La inyección de corriente se realiza con fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto y corriente inyectada suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno.

Si no se utiliza un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes parásitas, la intensidad inyectada debería ser mayor o igual al 1% de la corriente de puesta a tierra de la instalación, por lo que resultaría una corriente muy elevada.

Para reducir el efecto de estas corrientes parásitas las fuentes integradas en los medidores de paso y contacto suelen recurrir a métodos especiales, tales como el método de impulsos o la inversión de polaridad de la corriente inyectada, en cuyo caso la corriente inyectada debe ser superior 5 A para la medida en centros de transformación y a 50 A en subestaciones, sin la limitación de llegar al 1% de la corriente de puesta a tierra de la instalación.

Incluso estos valores mínimos de corriente inyectada de 5A para centros o de 50 A para subestaciones pueden resultar difíciles de lograr en la práctica, teniendo en cuenta que la resistencia de bucle sobre la que se inyecta la corriente puede ser relativamente elevada. En la práctica la potencia de la fuente de inyección depende no solo de la corriente inyectada sino también de la resistencia del circuito de bucle sobre el que se aplica la corriente, por lo que se recomienda utilizar fuentes capaces de inyectar estas corrientes de 5 A o 50 A sobre una resistencia de bucle de tierra mayor o igual de 4Ω. Como opción para reducir la potencia de fuente y su peso la inyección de corriente se podrá realizar, en lugar de en permanencia, tan solo durante unos pocos ciclos de la frecuencia de red, los indispensables para que los voltímetros puedan realizar las medidas de tensiones de paso y contacto.

No obstante, la ITC-RAT 13 también admite medidores que inyecten una corriente inferior a 5 A o 50 A respectivamente, siempre que se demuestre mediante ensayos comparativos realizados por un laboratorio acreditado que disponen de filtros o sistemas especiales capaces de eliminar las tensiones de perturbación con el fin de lograr medidas con una fiabilidad y exactitud equivalente a la que se obtendría con una inyección de corriente elevada. En cualquier caso la incertidumbre asociada a las medidas de las tensiones de paso y contacto debe ser inferior al 20%.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

Las medidas de las tensiones de paso y contacto y de resistencia de puesta a tierra en mallas de grandes dimensiones, por ejemplo subestaciones, presenta una serie de dificultades, entre otras la necesidad de utilizar una enorme distancia de separación para clavar los electrodos auxiliares de inyección de corriente, cables de medida excesivamente largos y valores de tensiones muy pequeños y por tanto muy sensibles a las perturbaciones. Para solucionar estos problemas se puede recurrir a inyección de alta corriente (entre 100 A y 200 A) mediante una línea aérea de la subestación utilizando para ello el método descrito en la norma UNE-EN 50522.

Los electrodos de medición para la simulación del contacto de los pies con el terreno de valor $R_{a2}=1,5\rho_s$, donde ρ_s es la resistividad superficial del suelo, deberán tener cada uno un área de 200 cm² y estarán presionando sobre la tierra con una fuerza mínima de 250 N. Para la medición de la tensión de contacto en cualquier parte de la instalación, dichos electrodos deberá estar situados juntos y a una distancia de un metro de la parte expuesta de la instalación. Para suelo seco u hormigón conviene colocar entre el suelo y los electrodos un paño húmedo o una película de agua.

Para la simulación de la mano se empleará un electrodo capaz de perforar el recubrimiento de las partes metálicas para que no actúe como aislante. Las mediciones se realizarán con un voltímetro de resistencia interna 1000 Ω , que representa la impedancia del cuerpo humano, Z_B . Un terminal del voltímetro se conectará al electrodo que simula la mano y el otro terminal a los electrodos que simulan los pies.

Los equipos deberán tener la opción de medir tanto para el caso de que la persona esté descalza o calzada, mediante la inserción respectivamente de resistencias adicionales en serie con el voltímetro de 1000 Ω o 4000 Ω según se mida tensión de contacto con calzado o tensión de paso con calzado. De esta forma, el voltímetro indicará directamente el valor de la medición de la tensión de contacto (o en su caso de paso) aplicada siempre que la intensidad inyectada fuera igual a la intensidad de puesta a tierra, es decir:

$$U'_{ca} = U_{Voltmetro}$$

Sin embargo, en la práctica las tensiones de paso y contacto aplicadas medidas serán inferiores a las que realmente se presentarían en la instalación en caso de un defecto a tierra, ya que la corriente inyectada es generalmente muy inferior a la corriente de puesta a tierra real. Si la intensidad inyectada por el electrodo de puesta a tierra es I_m , y la intensidad de puesta a tierra es I_E , las tensiones de paso y contacto aplicadas se calcularán multiplicando las tensiones medidas por el factor multiplicador I_E/I_m . La mayoría de los medidores de tensiones de paso y contacto indican la tensión corregida, es decir multiplicando la tensión de medida con el voltímetro por el factor anterior. Para ello el valor de I_E se debe de introducir mediante el teclado en la memoria del instrumento.

$$U'_{ca} = U_{Voltmetro} \cdot \frac{I_E}{I_m}$$

No hay que confundir la intensidad de defecto a tierra, I_F , con la intensidad de puesta a tierra, I_E , ya que cuando existen otros elementos que salen fuera de la instalación y están conectados a tierra, como por ejemplo las pantallas de los cables subterráneos, la segunda es tan solo una fracción de la primera. Sin embargo, si no se conoce el valor de I_E , y se utiliza I_F , en lugar de I_E , los valores calculados de U'_{ca} serán superiores a los reales, por lo que si estos valores calculados son inferiores de los límites admisibles se cumplirán sobradamente las tensiones de contacto reglamentarias.

La empresa de transporte y distribución debe facilitar el valor de la intensidad de defecto a tierra en el punto de suministro. Sin embargo, como se desconoce el valor de la resistencia de puesta a tierra de la instalación, la empresa de transporte y distribución considera nulo su valor y la intensidad de defecto facilitada corresponde a su valor máximo. A partir del dato facilitado y del valor de la resistencia de puesta

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016
		Revisión: 1

a tierra se puede calcular la intensidad de defecto a tierra para la instalación. El tiempo utilizado para determinar las tensiones de paso y contacto se obtendrá de la curva de tiempos de desconexión en caso de falta a tierra proporcionada por empresa de transporte o distribución, escogiendo el valor de tiempo que corresponda a la intensidad de defecto a tierra calculada para la instalación.

En aquellos casos en que no se consiga una resistencia de electrodo auxiliar suficientemente baja como para inyectar 5 A, se podrán utilizar como electrodo auxiliar bien los electrodos de otros centros conectados a través de las pantallas (puesta a tierra lejana) o el electrodo de neutro de baja tensión, para lo cual es necesario conectar la fuente de forma distinta tal y como se indica respectivamente en las figuras 2 y 3.

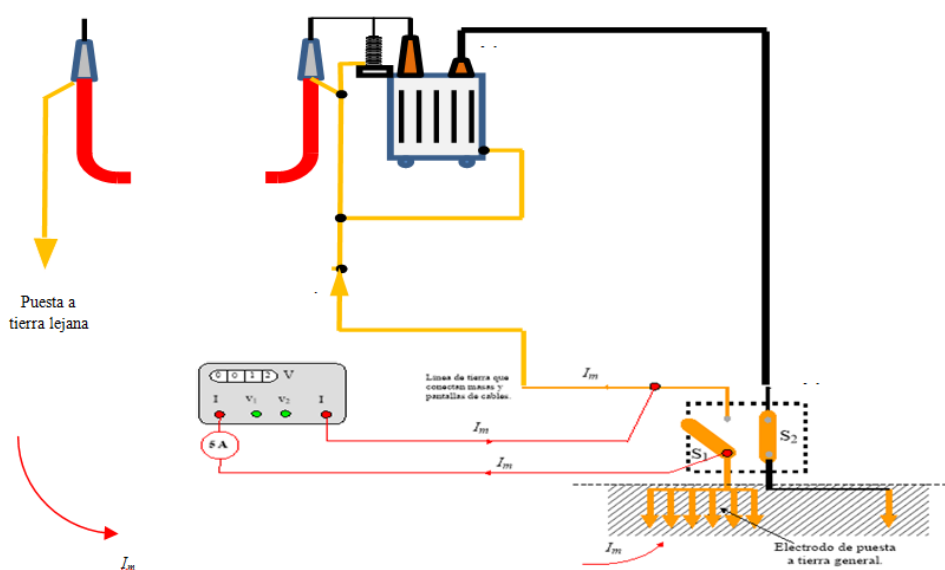


Figura 2.- Inyección de corriente entre el electrodo de puesta a tierra general y las pantallas.

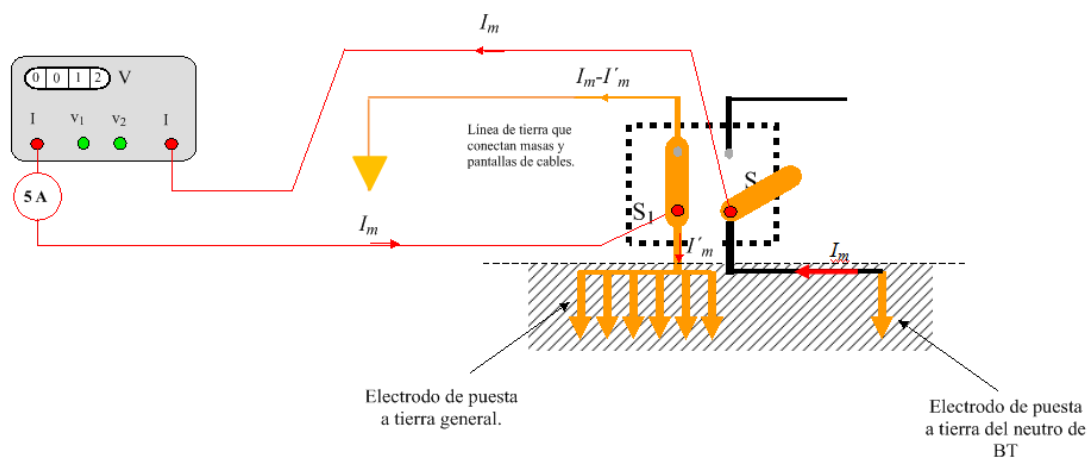


Figura 3.- Inyección de corriente entre el electrodo de puesta a tierra general y la puesta a tierra del neutro de BT.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO	GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN VERIFICACIONES E INSPECCIONES	GUÍA RAT 23
		Edición: octubre 2016 Revisión: 1

Cuando se recurra al empleo de medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto con partes metálicas puestas a tierra o que hagan que la tensión de contacto sea nula (por ejemplo plataformas equipotenciales enterradas y conectadas a los elementos metálicos que se pueden tocar) no será necesario medir la tensión de contacto aplicada pero sí la tensión de paso aplicada, siguiendo la misma metodología descrita anteriormente.