

INSTRUCCIÓN TÉCNICA N° 05/2019: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE COGENERACIÓN EFICIENTE CONECTADAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN.

Considerando que la modificación de la Ley N° 20.571 introdujo diversas modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos, con el objeto de regular el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales, regulando la generación de energía eléctrica para autoconsumo permitiendo la inyección remunerada de los excedentes que se produjeran. Posteriormente, por medio de la Ley N° 21.118 se modificó la Ley General de Servicios Eléctricos, con el fin de incentivar el desarrollo de la generación residencial y hacer aplicable sus disposiciones a todos los sistemas eléctricos del país.

Parte de las modificaciones antes señaladas, consideran el incremento en la capacidad instalada para inyectar excedentes de energía a la red de distribución hasta 300 kilowatts, de esta manera se hace necesario realizar los cambios necesarios en los Instructivos Técnicos, introduciendo nuevos requisitos técnicos en las instrucciones técnicas emitidas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles que establecen la presentación, diseño y ejecución de instalaciones con energías renovables que se acojan a la Ley de Generación Residencial.

La razón de esta consulta pública tiene como objetivo dar a conocer los nuevos cambios que se han incorporado en este instructivo técnico y que se han **resaltado**, con el fin de destacarlos para que puedan hacer las respectivas observaciones, sugerencias y/o mejoras del nuevo texto destacado.

DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD

INSTRUCCIÓN TÉCNICA	: RGR N° 05/2019
MATERIA	: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE COGENERACIÓN EFICIENTE CONECTADAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN.
REGLAMENTO	: D.S. N°71 REGLAMENTO DE LA LEY N° 20.571, QUE REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES.
FUENTE LEGAL	: LEY N° 21.118; REGULA EL PAGO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS DE LAS GENERADORAS RESIDENCIALES.
DICTADO POR	: RESOLUCIÓN EXENTA N° 20.559, DE FECHA 27.09.2017, MODIFICADA MEDIANTE RESOLUCIÓN EXENTA N° XX.XXX DE FECHA XX.XX.2019.

1 OBJETIVOS

Acota los requerimientos que se deben observar para el diseño, ejecución, inspección y mantención de las instalaciones eléctricas de cogeneración eficiente que se comunican a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para ser conectadas a la red de distribución, con el fin de entregar un servicio eficiente y de salvaguardar la seguridad de las personas que las operan o hacen uso de ellas, así como la integridad física y operacional de la red de distribución eléctrica.

2 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Las disposiciones de esta sección aplican al diseño, ejecución, inspección y mantenimiento de las instalaciones eléctricas de cogeneración eficiente conectadas a la red de distribución, cuya potencia máxima no sobrepase lo estipulado en la ley 21.118 y lo indicado en el correspondiente reglamento.

3 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las referencias normativas mencionadas en este documento son parte integrante del presente pliego técnico.

3.1	IEE std 81	1983	Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
3.2	DIN ISO 8528-1	1997	Electric generating sets with reciprocating internal combustion engines - Part 1: Application, dimensions and versions
3.3	NCh Elec. 4	2003	Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, declarada Norma Chilena Oficial de la República mediante Decreto Supremo N° 115, de 2004, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.
3.4	VDI 3985	2004	Principles for planning, design and acceptance of cogeneration plants with internal combustion engines
3.5	IEC 61936-1	2014	Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules.
3.6	Reglamento	2015	Reglamento de instalaciones de cogeneración eficiente, emitido por el Ministerio de Energía
3.7	Norma técnica	2019	Norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación, emitida por la Comisión Nacional de Energía, sus modificaciones o disposición que lo reemplace.

4 TERMINOLOGÍA

- 4.1 Anti-isla: Uso de relés o controles para protección contra funcionamiento de isla.
- 4.2 Calor útil (V): Energía térmica, expresada en kWh, proveniente de un proceso de cogeneración eficiente que satisface una demanda térmica de una actividad productiva y que, de no existir el proceso de cogeneración eficiente, la mencionada demanda debe ser satisfecha por otras fuentes energéticas o procesos.
- 4.3 Capacidad Instalada: Suma de la potencia máxima de las Unidades de Generación que conforman el EG de un Usuario o Cliente Final, expresada en kilowatts.
- 4.4 Capacidad Instalada Permitida: Capacidad del (los) Equipamiento(s) de Generación (o EG) que puede conectar un Usuario o Cliente Final en un punto de conexión de la red de distribución eléctrica, sin requerir para ello de Obras Adicionales y/o Adecuaciones, expresada en kilowatts.
- 4.5 Conductor: Para los efectos de esta instrucción técnica se entenderá por hilo metálico, de cobre de sección transversal frecuentemente cilíndrico o rectangular, destinado a conducir corriente eléctrica. De acuerdo a su forma constructiva podrá ser designado como alambre, si se trata de una sección circular sólida única, barra si se trata de una sección rectangular o conductor cableado si la sección resultante está formada por varios alambres iguales de sección menor.
- 4.6 Condiciones Inseguras de Operación: Son aquellas que pueden ocasionar daños a la vida, a los equipos involucrados, así como pérdida de la integridad del Sistema de Distribución Eléctrica. Este concepto también incluye la operación de los equipos fuera de los parámetros requeridos en este instructivo.
- 4.7 Consumo de combustible (Q): Cantidad de combustible utilizado en el proceso de cogeneración eficiente, expresado en unidades de energía en kWh y con base a su poder calorífico inferior.
- 4.8 Energía eléctrica generada (E): Energía eléctrica producida medida en bornes de generador, expresada en kWh.
- 4.9 Equipo de medida: Instrumentos y accesorios destinados a la medición o registro de potencias y energía eléctrica activa y/o reactiva, de demandas máximas de potencias o de otros parámetros involucrados en el suministro de electricidad. Se consideran incluidos en estos equipos, los transformadores de corriente y de potencial, desfasadores y relojes interruptores horarios.
- 4.10 Equipo de medida: Instrumentos y accesorios destinados a la medición o registro de potencias y energía eléctrica activa y/o reactiva, de demandas máximas de potencias o de otros parámetros involucrados en el suministro de electricidad. Se consideran incluidos en estos equipos, los transformadores de corriente y de potencial, desfasadores y relojes interruptores horarios.
- Dentro de los equipos de medida disponemos de los siguientes medidores específicos:**
- Equipo de monitoreo de generación**, destinado de manera exclusiva al sistema de generación.
- Equipo de monitoreo de inyección**, destinado de manera exclusiva al sistema de limitación de inyecciones.
- 4.11 Isla: Condición provocada cuando se ha producido un corte de energía en la red eléctrica suministrada por la empresa distribuidora y esta área que ha quedado aislada del resto del sistema de distribución queda energizada por el equipamiento de generación.
- En caso de presentarse una operación en isla debido a una falla en la red o una desconexión programada, el equipamiento de generación quedará impedido de realizar inyecciones de excedentes de energía a las redes eléctricas de distribución en modo isla.**
- 4.12 Instalación de cogeneración eficiente: Es aquella instalación en la que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético, la cual está compuesta por una o más unidades de cogeneración eficiente.

4.13 **Interruptor de acoplamiento:** Dispositivo de protección con capacidad de apertura bajo corrientes de carga y de cortocircuito, cuya función es desconectar el o los Equipamientos de Generación del Sistema de Distribución. Posee dos dispositivos eléctricos de desconexión conectados en serie (con redundancia).

4.14 **Interruptor general:**
Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

4.15 **Inyección de Excedentes Permitida (IEP):** Inyección del (los) Equipamiento(s) de Generación (o EG) que puede realizar un Usuario o Cliente Final en un punto de conexión de la red de distribución eléctrica.

4.16 **Operación en Isla en la red de distribución:** Estado de operación en la cual uno o más Equipamientos de Generación pueden abastecer el consumo de varios clientes, siempre que cuenten con la aprobación de la empresa distribuidora.

4.17 **Operación en Isla individual:** Estado de operación en la cual el Equipamiento de Generación puede abastecer el propio consumo de la instalación siempre que ésta permanezca aislada del sistema de distribución.

4.18 **Operación en Paralelo:** Es cuando de manera simultánea, operan el sistema de generación de algún productor independiente y el sistema de distribución eléctrica de forma que exista la posibilidad de transferir energía eléctrica entre ambos sistemas, mientras permanezcan interconectados.

4.19 **Potencia eléctrica de la instalación de cogeneración eficiente o potencia nominal:** Suma de la potencia nominal de los inversores o unidades de cogeneración eficiente (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

4.20 **Protección de Red e Instalación (Protección RI):** Protección que actúa sobre el Interruptor de Acoplamiento, cuando al menos un valor de operación de la red de distribución se encuentra fuera del rango de ajuste de esta protección, esta puede estar integrada en el inversor o ser externa al inversor.

La protección RI que se encuentra fuera del inversor deberá ser sellada y protegida por una contraseña de seguridad, la cual no debe ser conocida por el usuario o cliente final. Esta protección se emplea cuando el inversor no la trae internamente, no puede mostrar su configuración o no se puede configurar según la normativa técnica de conexión y operación de equipamiento de generación.

4.21 **Rendimiento Eléctrico (RE):** Razón entre la energía eléctrica producida y el combustible total consumido en una instalación de cogeneración eficiente.

4.22 **Rendimiento Global (RG)**

$$RG = \frac{E + V}{Q} = RE + RT$$

4.23 **Donde:**

$$RE = \frac{E}{Q} \quad y \quad RT = \frac{V}{Q}$$

El RG deberá calcularse como la suma del RE y el RT, en base a la información contenida en las especificaciones técnicas declaradas por el fabricante de la instalación de cogeneración eficiente, a operación nominal.

4.24 **Rendimiento Térmico (RT):** Razón entre el calor útil y el combustible total consumido en una instalación de cogeneración eficiente.

4.25 **Sistema o equipo de Limitación de Inyección:** Conjunto de elementos intercomunicados que, configurados entre sí, permiten la limitación de inyecciones a la red eléctrica de distribución.

- 4.26 Unidad de cogeneración eficiente: Equipo en el que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso cuyo rendimiento global es mayor o igual a los valores indicados en el Reglamento de instalaciones de cogeneración eficiente.
- 4.27 Zona de aplastamiento: Zona en donde el cuerpo humano o partes del cuerpo humano esta expuestas a peligro de aplastamiento.

5 EXIGENCIAS GENERALES

- 5.1 Toda instalación eléctrica de un sistema de cogeneración eficiente conectada a la red de distribución deberá ser proyectada y ejecutada en estricto cumplimiento con las disposiciones de esta Instrucción Técnica y en las normativas vigentes.
- 5.2 Todo equipo de generación basado en instalaciones de cogeneración eficiente deberá ejecutarse de acuerdo a un proyecto técnicamente concebido, el cual deberá asegurar que la instalación no presenta riesgos para operadores o usuarios, sea eficiente, proporcione un buen servicio, permita un fácil y adecuado mantenimiento y tenga la flexibilidad necesaria como para permitir modificaciones o ampliaciones con facilidad
- 5.3 El funcionamiento de un sistema de cogeneración eficiente, no deberá provocar averías en la red, disminuciones de las condiciones de seguridad, calidad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa vigente.
- 5.4 Las instalaciones eléctricas de un sistema de cogeneración eficiente conectado a la red de distribución, que se acojan a la Ley N° 21.118, deberán dimensionarse para que su potencia máxima no supere la potencia del empalme eléctrico y/o que la suma de sus potencias nominales no exceda la potencia estipulada en la ley.
- 5.5 Toda instalación eléctrica de un equipo de cogeneración eficiente conectada a la red debe ser proyectada y ejecutada bajo la supervisión directa de un Instalador Electricista autorizado, clase A o B.
- 5.6 La instalación de los equipos de cogeneración eficiente debe facilitar el mantenimiento seguro, siguiendo las especificaciones del fabricante para no afectar de forma adversa al equipo cogenerador.
- 5.7 En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la línea, las instalaciones eléctricas de un sistema de cogeneración eficiente no deberán mantener tensión en la línea de distribución, ni dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- 5.8 Los equipos, elementos y accesorios eléctricos utilizados en la unidad de cogeneración eficiente deben ser diseñados para soportar la tensión máxima generada por ella.
- 5.9 Durante todo el período de explotación u operación de las instalaciones eléctricas, sus propietarios u operadores deberán conservar los diferentes estudios y documentos técnicos utilizados en el diseño y construcción de las mismas y sus modificaciones, como asimismo los registros de las auditorias, certificaciones e inspecciones de que hubiera sido objeto, todo lo cual deberá estar a disposición de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, en adelante Superintendencia.
- 5.10 En materias de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término de operación, la Superintendencia podrá permitir el uso de tecnologías diferentes a las establecidas en la presente instrucción técnica, siempre que se mantenga el nivel de seguridad que el texto normativo contempla. Estas tecnologías deberán estar técnicamente respaldadas en normas, códigos o especificaciones nacionales o extranjeras, así como en prácticas recomendadas de ingeniería internacionalmente reconocidas. Para ello el interesado deberá presentar el proyecto y un ejemplar completo de la versión vigente de la norma, código o especificación extranjera utilizada debidamente traducida, cuando corresponda, así como cualquier otro antecedente que solicite la Superintendencia.

- 5.11 Las disposiciones de esta Instrucción Técnica están hechas para ser aplicadas e interpretadas por profesionales especializados; no debe entenderse este texto como un manual.
- 5.12 De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 18.410, cualquier duda en cuanto a la interpretación de las disposiciones de esta Instrucción Técnica será resuelta por la Superintendencia.

6 CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN.

- 6.1 En el caso de equipos de cogeneración eficiente que utilicen combustibles, se deben considerar que el lugar donde se instale tenga las condiciones suficientes y seguras para proveer aire de combustión limpio sin polvo, con velocidades de aire ambientales que no superen las indicadas por las instrucciones del fabricante y en cantidad suficiente de acuerdo a lo requerido por las instrucciones técnicas del equipo.
- 6.2 Para la evacuación de los gases producto de combustión en aquellos equipos de cogeneración eficiente que utilizan combustibles gaseosos, se debe cumplir con los requisitos de seguridad establecidos en los reglamentos específicos en la materia de combustibles y las recomendaciones del fabricante.
- 6.3 Las tuberías de gas deberán ir siempre alejadas de las canalizaciones eléctricas. Queda prohibida la colocación de ambas conducciones en un mismo ducto o banco de ductos. En áreas que se comuniquen con tuberías que transporten gas metano, es obligatorio el uso de equipos a prueba de explosión.
- 6.4 Para facilitar el mantenimiento y reparación de los equipos de cogeneración eficiente, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión de cualquier fuente de energía posible.
- 6.5 Si la misma instalación comprende tensiones diferentes, las partes de las instalaciones correspondientes a cada una de ellas deberán estar agrupadas e identificadas las distintas zonas.
- 6.6 Las canalizaciones eléctricas no se deberán instalar en las proximidades de tuberías de calefacción, de conducciones de vapor y, en general, de lugares de temperatura elevada y de escasa ventilación. El cableado deberá estar ordenado, amarrado y con sus circuitos debidamente identificados en todas las bandejas o escalerillas porta conductoras.
- 6.7 En el diseño de las canalizaciones se deberá tener presente lo siguiente:
 - a) Disipación del calor.
 - b) Protección contra acciones de tipo mecánico.
 - c) Radios de curvatura admisibles por los conductores.
 - d) Intensidades de cortocircuito.
 - e) Corrientes de corrosión cuando exista pantalla metálica.
 - f) Vibraciones.
 - g) Propagación del fuego.
 - h) Radiación (solar, ionizante y otras).
- 6.8 Todos los conductores deberán ser canalizados en conformidad a los métodos establecidos en la sección 7 y 8 de la norma NCh Elec. 4/2003.
- 6.9 La llegada de conductores o cables a la unidad de cogeneración eficiente deberá hacerse a través de tuberías metálicas flexible de uso pesado, con chaqueta exterior no metálica junto a sus accesorios de montaje.
- 6.10 La unidad de cogeneración eficiente deberá contar con las respectivas señaléticas de seguridad que indiquen los riesgos de la instalación.
- 6.11 Para la operación de motores de combustión interna con pistones alternativos en central de cogeneración eficiente se pueden emplear combustibles gaseosos, o también combustibles líquidos. Los motores deben ser escogidos en función del combustible a ocupar, y las conexiones del combustible deben cumplir la normativa vigente para el tipo de combustible a utilizar.

- 6.12 Todas las unidades de cogeneración eficiente deben estar provistas de instalaciones de control y de supervisión, para la partida, operación y control del suministro de gas. Estas instalaciones deben garantizar la partida auto controlada, una supervisión automática de la operación del motor y de las funciones de las unidades de cogeneración eficiente, así como del suministro del gas. En caso de perturbaciones en las funciones operativas usuales, se debe cortar el suministro de gas y, eventualmente, según lo disponga el programa de operaciones, éste deberá ser enclavado. Las exigencias mínimas para la supervisión y la repetición automática de la partida, serán establecidas por el fabricante, dependiendo del tamaño de la central de cogeneración eficiente.

7 INSTALACIÓN

- 7.1 La instalación y montaje de la unidad de cogeneración eficiente, se debe realizar bajo lo indicado en las normas técnicas y reglamentos de instalaciones de equipos de combustible, además de las recomendaciones del fabricante.
- 7.2 El generador eléctrico de la instalación de cogeneración eficiente deberá contar con las respectivas señaléticas de seguridad que indiquen los riesgos de la instalación.
- 7.3 El generador eléctrico de la instalación de cogeneración eficiente deberá estar provisto de un diagrama de conexiones, el cual deberá adherirse al equipo y una o varias placas características.
- 7.4 Las placas se deberán elaborar en un material durable, con letras indelebles e instaladas en un sitio visible y de manera que no sean removibles. Además, deberá contener como mínimo la siguiente información:
- a) Razón social o marca registrada del fabricante.
 - b) Tensión nominal o intervalo de tensiones nominales.
 - c) Corriente nominal.
 - d) Potencia nominal.
 - e) Frecuencia nominal o especificar que es de corriente continua.
 - f) Velocidad nominal o intervalo de velocidades nominales.
 - g) Número de fases, para máquinas de corriente alterna.
 - h) Grados de protección IP.
 - i) Rendimiento a condiciones nominales de operación.
 - j) Para las máquinas de corriente alterna, el factor de potencia nominal.
 - k) Clase de aislación.
 - l) Tipo de combustible.
 - m) Temperatura ambiente como mínimo.
- 7.5 Todos los equipos de la instalación de cogeneración eficiente deberán tener fácil acceso y poder ser colocados o retirados de su lugar sin dificultad y sin requerir el retiro previo de otro equipo.
- 7.6 La disposición de las instalaciones de cogeneración eficiente deberá ser tal que incluya las facilidades para permitir el libre movimiento por ellas de las personas, así como el transporte de los aparatos, equipos y herramientas, en las operaciones de montaje, mantenimiento o revisión de los mismos, de forma segura.
- 7.7 Los equipos de cogeneración deberán cumplir con la calidad de producto eléctrico definidos en la norma técnica correspondiente.

8 UNIDAD DE COGENERACIÓN EFICIENTE

- 8.1 El sistema eléctrico del cogenerador y todos los componentes eléctricos usados en él como controladores, generadores o similares, deben cumplir las exigencias descritas en los protocolos de análisis y/o ensayos de seguridad de productos eléctricos respectivos, en ausencia de ellos deberá contar con alguna autorización emitida por la Superintendencia.
- 8.2 Todo componente eléctrico seleccionado con base en sus características de potencia debe ser adecuado para el trabajo que se requiere en el equipo, teniendo en cuenta las hipótesis de carga de cálculo que se pueden producir, incluyendo las condiciones de falla. Sin embargo, si un componente eléctrico, por su diseño, no tiene las propiedades correspondientes a su uso final, se puede usar en la condición en la que proporcione protección adicional adecuada como parte del sistema eléctrico completo del cogenerador.

- 8.3 Los equipos de cogeneradores eléctricos deben ser dimensionados, en general, para operación continua permanente según DIN ISO 8528-1.

9 DIMENSIONADO DE CIRCUITOS Y CORRIENTE

- 9.1 La corriente máxima para un circuito se debe calcular de acuerdo con lo siguiente:
- 9.1.1 La corriente máxima deberá basarse en la corriente del circuito del cogenerador operando a la potencia máxima de salida.
- 9.1.2 Los conductores de sobrecorriente se deben dimensionar para conducir no menos que el 125% de la corriente máxima como se calcula en el punto 9.1.1.
- 9.1.3 Los conductores deberán ser dimensionados para conducir no menos que el 110% de la corriente máxima obtenida en el punto 9.1.2. La capacidad de corriente del conductor nunca podrá ser inferior a la corriente de la protección.

10 CONDUCTORES Y CANALIZACIÓN.

- 10.1 Todos los conductores deberán ser canalizados en conformidad a los métodos establecidos en la norma NCh Elec. 4/2003, y deberán soportar las influencias externas previstas, tales como viento, formación de hielo, temperaturas y radiación solar.
- 10.2 Los conductores de un cogenerador deben tener los valores nominales para la aplicación particular con respecto a la temperatura, la tensión, la corriente, las condiciones ambientales y la exposición a degradantes (aceite, exposición ultravioleta, etc.), los conductores deberán ser instalados respetando lo indicado en la norma NCh Elec. 4/2003.
- 10.3 Se deberá tomar en consideración los esfuerzos o tensiones mecánicas, incluyendo aquellos causados por la torsión, a los cuales pueden estar sujetos los conductores durante la instalación y el funcionamiento. Los conductores se deben instalar de acuerdo a lo indicado en la norma NCh Elec. 4/2003.
- 10.4 Los conductores o cables de la unidad de cogeneración eficiente deberán ser seleccionados e instalados de forma que se reduzca al máximo el riesgo de falla a tierra o de cortocircuito.
- 10.5 Los conductores expuestos a la acción de aceites, grasas, solventes, vapores, gases, humos u otras sustancias que puedan degradar las características del conductor o su aislación deberán seleccionarse de modo que las características típicas sean adecuadas al ambiente. Los cables deberán ser del tipo retardantes a la llama.
- 10.6 Los conductores utilizados de la unidad de cogeneración eficiente deberán tener una sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión entre el punto de conexión a la red y la protección RI sea inferior del 3 %.
- 10.7 La sección mínima del conductor de tierra no podrá ser inferior a 4 mm² y deberá tener la misma aislación y sección que tiene el conductor de fase y neutro.

11 PROTECCIONES

- 11.1 El sistema eléctrico de un cogenerador debe incluir dispositivos apropiados que aseguren la protección contra el mal funcionamiento, ya sea del cogenerador o del sistema eléctrico externo que pueda conducir a un estado o condición de inseguridad.
- 11.2 Todo equipo de cogeneración eficiente previo a su instalación deberá contar con un estudio de protecciones que evalúe la variación en los niveles de cortocircuito en la instalación y sus impactos en las protecciones de la instalación y será imprescindible para realizar el correcto dimensionado de los tableros y protecciones del equipo de cogeneración.

- 11.3 El sistema de protecciones de las instalaciones de cogeneración eficiente debe cumplir las siguientes funciones mínimas:
- a) Funciones de protección por Sobre corriente de fases (50/51).
 - b) Función de protección por Falla a Tierra (50 N).
 - c) Protección RI
 - c1) Funciones de protección por Sobre y Bajo Tensión (59/27).
 - c2) Funciones de protección por Sobre y Baja Frecuencia (81U/O).
 - c3) Función de protección Anti-Isla.
- 11.4 Las funciones indicadas en la letra a) de 11.3, podrán estar contenidas en un interruptor magnetotérmico, de una capacidad adecuada para la potencia del sistema de cogeneración eficiente.
- 11.5 La función indicada en el punto b) de 11.3, podrá estar contenida en un interruptor diferencial o en un bloque diferencial como parte del interruptor magnetotérmico indicado en el punto anterior. La capacidad de este elemento debe ser adecuada para el sistema donde será instalada.
- 11.6 Las funciones indicadas en la letra c) de 11.3, podrán estar contenidas internamente en el equipo cogenerador en el caso de que se cuente con éste. Para las aplicaciones donde no se disponga de estas protecciones internamente, se deberá disponer de un equipo de protección externo independiente el cual deberá estar configurado en conformidad a la norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión.
- 11.7 Las instalaciones de cogeneración eficiente conectadas a la red, deberán contar con una protección diferencial e interruptor general magnetotérmico bipolar, para el caso de las instalaciones monofásicas o tetrapolar para el caso de las instalaciones trifásicas, con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
- 11.8 La protección diferencial indicada en el punto 11.5, para unidades de cogeneración eficiente de potencia deberán ser de una corriente diferencial no superior a 300 mA y será del tipo A o B.
- 11.9 La protección diferencial indicada en el punto 11.5, podrá ser del tipo electrónico asociado a toroide y contactor o desconectador, debiendo cumplir con lo siguiente:
- a) El contactor, en caso de falla deberá cortar todos los conductores activos en forma automática, deberá emplear la categoría de utilización AC-1 y será protegido ante sobrecargas y cortocircuitos.
 - b) La sección del transformador toroidal deberá ser dimensionada para circundar el cableado de alimentación y neutro juntos. Su medición de corriente y su relación de transformación deben ser iguales o mayores a la corriente nominal del punto de la instalación que se está midiendo.
 - c) su regularse su tiempo de operación como mínimo en 20ms y su corriente nominal debe ser igual o mayor a la corriente nominal de la protección termomagnética aguas arriba.
- 11.10 El sistema de cogeneración eficiente detectará disturbios que ocurran en el sistema eléctrico. El mismo se desconectará del circuito de distribución tan pronto ocurra una falla en el sistema, antes de la primera operación de cierre de la protección del circuito.
- 11.11 El sistema de cogeneración eficiente debe contar con una protección anti-isla para evitar que ésta energice la red de distribución en caso de surgir una situación de Isla, la que además se desconectará del sistema de distribución en un tiempo máximo de dos segundos. Esta protección deberá ser del tipo ROCOF, Vector Shift, u otro de características a lo menos equivalentes o superior.

12 MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

- 12.1 Se proporcionarán medios para desconectar todos los conductores portadores de corriente de fuentes de energía eléctrica de cogeneración eficiente, de todos los otros conductores de un edificio u otra estructura. No será necesaria la instalación de un desconectador, interruptor automático u otro dispositivo, ya sea de corriente alterna o de corriente continua, en un conductor puesto a tierra.

- 12.2 El dispositivo de protección de falla a tierra deberá ser capaz de detectar una falla, interrumpir el flujo de corriente de falla, y dar una indicación que ocurrió la falla.
- 12.3 Los conductores activos de la fuente en que ocurrió la falla serán desconectados en forma automática. Si se desconecta el conductor de tierra del circuito en que ocurrió la falla, todos los demás conductores del circuito con falla abrirán en forma automática y simultánea. Se permitirá la desconexión del conductor de tierra del circuito o la desconexión de las secciones de la instalación que presenten la falla con la finalidad de interrumpir la vía de corriente de falla a tierra.
- 12.4 Cada instalación de cogeneración eficiente deberá estar provisto de al menos un dispositivo de parada de emergencia conectado. La función de parada de emergencia debe estar disponible y funcional en todo momento y con independencia del modo de funcionamiento.
- 12.5 Cuando se opera la parada de emergencia debe funcionar de tal manera que el peligro se mitiga en el menor tiempo posible. Como resultado de la parada de emergencia se debe desencadenar una secuencia predeterminada de operaciones de tal forma de desactivar la generación. Por ejemplo, una secuencia producto de la acción de la parada de emergencia debiese consistir a lo menos en las siguientes acciones:
- a) Apertura de Interruptor de generador.
 - b) Detención de suministro de combustible.
 - c) Detención de Sistemas de encendido (Si fuese el caso).
 - d) Desactivación de Unidades auxiliares.
- 12.6 Los medios de desconexión para los conductores activos consistirán de interruptores operados manualmente o interruptores automáticos fácilmente accesibles.

13 PROTECCIÓN RI

- 13.1 Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red deberán contar con una protección de red (RI), la cual puede estar integrada al inversor o externa al inversor en conformidad a lo establecido en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación:
- a) Si la capacidad instalada del EG > 100 kW, se debe instalar una protección RI centralizada.
 - b) Si la capacidad instalada del EG ≤ 100 kW, no se requiere de la protección RI centralizada, siempre y cuando se cuente con la protección RI integrada en el inversor.
- Asimismo, en el caso de EG sin inversores la protección RI deberá ser del tipo centralizada.
- 13.2 Los ajustes de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia de la protección RI, serán establecidos en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación.
- 13.3 La protección RI centralizada debe ser instalada en un gabinete especial, el cual podrá albergar al interruptor de acoplamiento centralizado y al sistema de control de inyección de tal forma que pueda ser sellado por la empresa Distribuidora. Esta protección debe ser ubicada lo más cercana posible al equipo de medida de la instalación.
- 13.4 La protección RI centralizada debe incorporar un botón de prueba que permita verificar el correcto funcionamiento del circuito entre la Protección RI y el interruptor de acoplamiento. Para este fin, al presionar el botón de prueba debe ser posible visualizar la activación del interruptor de acoplamiento.
- 13.5 En la Protección RI centralizada debe ser posible leer la información independientemente de las condiciones de operación del equipamiento de generación, y sin necesidad de medios auxiliares. En la Protección RI integrada se permite que la información sea obtenida a través de una interfaz de comunicación.

- 13.6 Para sistemas de generación fotovoltaica con capacidad instalada mayor o igual a 100 kW conectados en Media Tensión, la protección RI deberá medir en MT, a excepción de los clientes conectados en MT con punto de medición en baja tensión, y en los casos que el equipo compacto de medida no permita medir en MT, en atención al burden de dicho equipo. Para equipamientos de generación con capacidad instalada inferior a 100 kW, la protección RI podrá medir en MT o BT.
- 13.7 El interruptor acoplamiento centralizado debe ser diseñado para soportar la corriente de cortocircuito permitida y para operar sin retardo frente a la orden de apertura de las funciones de protección RI centralizada.
- 13.8 El Interruptor de Acoplamiento centralizado debe ejecutarse como dos elementos de interrupción galvánicas en serie (ej: relés, interruptor protector de motor, interruptor de corriente mecánico) y debe cumplir el criterio N-1. La capacidad de apertura de ambos interruptores que forman el interruptor de acoplamiento deberá ser dimensionada en concordancia con la máxima contribución de corriente de corto circuito proveniente del sistema de distribución o del equipamiento de generación. En este último caso, se deberá garantizar la desconexión de todos los polos
- 13.9 En el caso en que el interruptor de acoplamiento centralizado se ubique en un lugar distinto a la protección RI, esta última deberá actuar sobre el interruptor de acoplamiento mediante un sistema de disparo transferido (Véase el anexo 2).
- 13.10 El sistema de disparo transferido deberá cumplir con las siguientes características mínimas:
- a) En caso de falla del enlace para la transferencia del disparo, el interruptor de acoplamiento deberá desacoplar al equipamiento de generación inmediatamente.
 - b) Se deberá tomar resguardo contra interferencias que puedan afectar al sistema de disparo transferido.
 - c) En caso de presencia de grupos de emergencia, se deberá tomar los resguardos necesarios para evitar el paralelismo no intencional entre éstos y el o los equipamientos de generación.
 - d) Se deberá habilitar también las protecciones RI e interruptores de acoplamiento integrados en los equipamientos de generación.
 - e) La pérdida de la tensión auxiliar de la Protección RI centralizada o del control de la Protección RI integrada debe llevar a la apertura inmediata del interruptor de acoplamiento.

14 SISTEMA DE LIMITACIÓN DE INYECCIÓN

- 14.1 El sistema de limitación de inyección permite controlar la potencia generada hacia las redes de distribución y debe ser instalado cuando el CIP otorgado es menor al IEP.
- 14.2 Si el sistema de generación con limitación de energía está constituido por más de un inversor, la comunicación entre ellos debe realizarse de forma alámbrica, con RS485, ethernet o equivalente dispuesto por el fabricante. El sistema de comunicación elegido e implementado debe utilizar un cableado de largo efectivo menor a lo que el protocolo y fabricante recomiendan para garantizar buen desempeño (véase el anexo 3).
- 14.3 La comunicación entre los inversores, equipos de monitoreo de inyección u otros dispositivos utilizados en el sistema de limitación de inyecciones debe operar en señales en una ventana de 1 segundo.
- 14.4 El máximo tiempo de actuación del sistema de limitación de inyección en reducir la potencia exportada actual a un valor igual o menor al IEP será de 5 segundos.
- 14.5 En caso de que cualquiera de los componentes sistema de limitación de inyección, falle, pierda su comunicación, señal o su fuente de alimentación, el sistema deberá reducir la potencia inyectada a la red a un valor que sea menor o igual al IEP en una ventana de 5 segundos.
- 14.6 Los datos de monitoreo de los equipos del sistema de limitación de inyecciones deben disponer la posibilidad de ser extraídos, mediante su comunicación, datalogger u otro medio equivalente.

15 PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

- 15.1 Toda instalación de cogeneración eficiente debe incluir un sistema de puesta a tierra para cumplir con los requerimientos de seguridad establecidos en los capítulos 9 y 10 de la norma NCh Elec. 4/2003.
- 15.2 Deberán conectarse todas las partes metálicas de la instalación a la tierra de protección. Esto incluye las estructuras de soporte y las carcasas de los equipos.
- 15.3 La puesta a tierra de protección de las instalaciones de cogeneración eficiente interconectadas, se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red eléctrica, asegurando que no se produzcan transferencias de fallas a la red de distribución.
- 15.4 La medición de la resistencia de puesta a tierra, deberá realizarse en conformidad a los procedimientos descritos en el anexo 1 o en las normas IEEE Std. 81 o la IEC 61936-1.

16 MARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN

- 16.1 Se deberán marcar en forma visible e indeleble todos los puntos de interconexión del sistema con otras fuentes, en un lugar accesible, en los medios de desconexión y con el valor nominal de corriente alterna de salida y la tensión de operación nominal de corriente alterna.
- 16.2 Se instalará una placa de apagado de emergencia de manera indeleble en la ubicación del cogenerador, o adyacente a éste, proporcionando instrucciones básicas para la desactivación del equipo.
- 16.3 Se deberá contar con una señal de advertencia montado sobre los medios de desconexión, la cual deberá ser claramente legible y tendrá las siguientes palabras:

ADVERTENCIA
PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA - NO TOCAR - TERMINALES ENERGIZADOS
EN POSICIÓN DE ABIERTO –SISTEMA DE COGENERACIÓN EFICIENTE

- 16.4 Los cogeneradores deberán ser identificados con carteles de advertencia ubicados en lugares visualmente destacados. Los carteles de advertencia deberán ser legibles desde el área segura y del área de acceso público.

PRECAUCIÓN COGENERADOR EFICIENTE ENERGIZADO

- 16.5 El tamaño de la señal de advertencia indicado en 16.3 y el cartel de advertencia indicado en 16.4 serán como mínimo 100 mm por 200 mm. La inscripción será indeleble, inscrita por ambos lados de la señal y cartel de advertencia y tendrán una altura de cómo mínimo 25 mm.
- 16.6 Todos los equipamientos, protecciones, interruptores y terminales deben estar rotulados.
- 16.7 Todas las cajas de conexión eléctricas asociadas a la instalación de cogeneración eficiente, deberán contar con un etiquetado de peligro indicando que las partes activas dentro de la caja están alimentadas por el cogenerador y que pueden todavía estar energizadas tras su aislamiento o apagado de la red pública.
- 16.8 Se deberá identificar claramente los conductores provenientes del equipo de cogeneración que ingresen a la barra de distribución de un tablero diferente al tablero de cogeneración, tanto en su aislación o cubierta protectora como en el tablero. Se deberá identificar además la barra de distribución donde se conecte la generación, diferenciándola del resto de barras de distribución que contenga el tablero eléctrico.

17 CONEXIÓN CON OTROS CIRCUITOS

- 17.1 La salida del sistema de cogeneración eficiente que opere en paralelo con otro sistema de potencia será compatible con la tensión, forma de onda y frecuencia del sistema con el cual está conectado.
- 17.2 El sistema de cogeneración eficiente estará dotado de un medio que detecte la condición cuando la red de distribución eléctrica pierda su energía y no permita alimentar esta red en el punto de conexión durante esta condición. El sistema de cogeneración eficiente permanecerá desconectado hasta que se restablezca la tensión de la red de distribución eléctrica.
- 17.3 Solo se permitirá que el sistema de cogeneración eficiente funcione en paralelo con un grupo electrógeno o que se conecten a una misma barra cuando se cumplan cualquiera de las siguientes condiciones:
- Quando el grupo electrógeno cuente con una protección de potencia inversa.
 - Se demuestre técnicamente que la operación en paralelo de estas unidades de generación es compatible ante cualquier circunstancia y cuando el fabricante del grupo electrógeno lo especifique
 - El sistema de cogeneración eficiente cuente con un sistema de bloqueo que impida que ambas unidades funcionen en paralelo.

18 INTERFAZ CON RED

- 18.1 El equipo cogenerador deberá conectarse en paralelo con la red y contribuir a abastecer el suministro de energía a la red. Si existe una carga local en el inmueble, ésta debe ser alimentada por cualquiera de las dos fuentes, por ambas simultáneamente u otro medio interno.
- 18.2 La unidad de cogeneración eficiente debe contar con un medio de desconexión que permita su separación de la red en caso de falla o para realizar labores de mantenimiento. Por temas de seguridad y flexibilidad en la operación del sistema de cogeneración eficiente conectado a red, se deben emplear dos interruptores de separación en la interfaz con la red, un Interruptor general del sistema para aislar la instalación de cogeneración eficiente de la red y otro interruptor que deberá ir ubicado en el empalme o punto de conexión y medida de la red de distribución.
- 18.3 El equipamiento de cogeneración eficiente debe incluir un equipo de sincronización el que permite acoplar un generador a una red energizada. Los interruptores de potencia pueden ser cerrados únicamente si las tensiones en ambos lados del interruptor abierto están en sincronismo. Se mide la tensión, la frecuencia y el desfase del generador y la red.
- 18.4 En el caso de la conexión de generadores sincrónicos y asincrónicos que no son conectados en ausencia de tensión, se debe disponer de un equipo de sincronización. Si el Equipos de cogeneración posee la posibilidad de operar en isla, deberá agregarse un equipamiento adicional de sincronización que actúe sobre el Interruptor de Acoplamiento. Los valores de ajuste para efectos de sincronización deben respetar las siguientes tolerancias máximas:

$\Delta\phi$	= 10°	Desfase entre tensiones
Δf	= 500 mHz	Diferencia entre ambas frecuencias
ΔV	= 10% Vn	Porcentaje de diferencia de las tensiones

- 18.5 En el caso de generadores asincrónicos de que parten como motor, y que son conectados a una velocidad entre 95% y 105% de la velocidad sincrónica, el factor de corriente de conmutación máximo (kimáx) debe ser igual o inferior a 4.
El valor de kimáx corresponde a la relación entre la corriente de arranque o partida con la corriente nominal del generador
- 18.6 Para módulos de cogeneración eficiente con alternadores de alta frecuencia, que se rectifica y a través de un inversor entrega corriente alterna, solo pueden ser conectadas a la red con un factor de corriente de conmutación máximo (kimax) menor a 1,2.

- 18.7 Cualquier sistema eléctrico que pueda por sí mismo autoexcitar al cogenerador debe desconectarse automáticamente de la red y quedar desconectado de forma segura en el caso de pérdida de energía de la red.
- 18.8 Los componentes tales como inversores, controladores eléctricos de potencia, y compensadores estáticos VAR, se deben diseñar de manera tal que los armónicos de la corriente de línea y la distorsión de la forma de onda de la tensión no interfieran con el relé de protección de la red eléctrica. Específicamente, para cogeneradores conectados a la red, los armónicos de la corriente generados por el cogenerador deben ser tales que la distorsión global de la forma de onda de tensión en el punto de conexión a la red no exceda el límite superior aceptable por la norma técnica vigente.

19 EQUIPO DE MEDIDA

- 19.1 Los sistemas de medición, monitoreo y control de los equipamientos de generación serán de propiedad y responsabilidad de la Empresa Distribuidora y deberán ser implementados por ésta, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación.
- 19.2 Los equipamientos de generación con una capacidad instalada superior a 30 kW deberán contar con un equipo de monitoreo de generación con capacidad de integrarse al sistema de medición monitoreo y control de la empresa distribuidora, de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación. Este equipo de monitoreo de generación deberá quedar montado en el tablero de distribución del equipamiento de generación y claramente rotulado.
- 19.3 Los sistemas de medición monitoreo y control que cuenten con un sistema limitador de inyecciones, deberán ser capaces de generar una alerta cuando se supere la IEP autorizada de acuerdo a lo establecido en artículo 5-4 de la Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación.

20 PARÁMETROS ELÉCTRICOS

- 20.1 Los sistemas de cogeneración eficiente conectados a la red de distribución, deberán cumplir con las exigencias de calidad de suministro y parámetros de seguridad establecida en la norma técnica correspondiente, dictada por la comisión nacional de energía.
- 20.2 Las instalaciones de cogeneración eficiente conectadas a la red de distribución, deberán cumplir con las exigencias de la norma técnica de conexión y operación de equipamiento de generación en baja tensión.

21 PRUEBAS, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

- 21.1 La puesta en marcha inicial sólo puede ser realizada por instalador eléctrico autorizado por la Superintendencia y personal de la empresa distribuidora de energía eléctrica.
- 21.2 Será responsabilidad del instalador realizar todas las pruebas necesarias para garantizar la seguridad de la instalación del equipo cogenerador.
- 21.3 El fabricante debe proporcionar documentación para la inspección y el mantenimiento del cogenerador. Esta documentación debe proveer una descripción clara de la inspección, el procedimiento de parada, y los requisitos de mantenimiento de rutina para el equipo del cogenerador.
- 21.4 La instalación y mantenimiento del equipo de cogeneración eficiente deben efectuarse respetando la metodología y las distancias mínimas de seguridad, de manera de eliminar las condiciones que puedan causar lesiones perjudiciales en la salud del personal.

22 SEGURIDAD EN LAS LABORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- 22.1 Las intervenciones en instalaciones deberán ser ejecutadas y mantenidas de manera que se evite todo peligro para las personas y no ocasionen daños a terceros.
- 22.2 Las intervenciones en instalaciones se deberán efectuar con medios técnicos que garanticen seguridad tanto para el personal que interviene como para las instalaciones intervenidas.
- 22.3 Los trabajos en instalaciones eléctricas, aun cuando no estén con presencia de tensión, deberán ser ejecutados por personal preparado y premunido de equipos y elementos de protección personal apropiados.
- 22.4 A cada persona que intervenga en instalaciones eléctricas deberá instruírsele en forma clara y precisa sobre la labor que le corresponda ejecutar y sus riesgos asociados. Además, deberá mantenerse una adecuada supervisión a las labores que se ejecutan en las instalaciones.
- 22.5 Las herramientas que se utilicen para trabajos con energía, con método de contacto, deberán ser completamente aisladas y acordes al nivel de tensión en el cual se esté interviniendo. Si se detecta cualquier defecto o contaminación que pueda afectar negativamente las cualidades de aislamiento o la integridad mecánica de la herramienta, ésta deberá ser retirada del servicio.
- 22.6 Las instalaciones de cogeneración eficiente deberán contar con la instrumentación necesaria para poder obtener las siguientes variables:
- Consumo de combustible (Q).
 - Calor útil (V).
 - Energía eléctrica generada (E).
- 22.7 Para la supervisión de la operación se debe disponer al menos de las siguientes variables, ya sea directamente o a través de equipos de medida:
- horas de operación;
 - temperaturas de entrada y de salida;
 - corriente o potencia útil;
 - perturbaciones.
- En caso de operación en isla, se requiere visualizar además las tensiones en los generadores.
- 22.8 Los equipos que realicen una operación continua del motor de la planta, podrán equipar el motor con instalaciones adicionales, tales como:
- Tanque de almacenaje del lubricante, con un sistema de relleno automático;
 - Mayor volumen del lubricante circulante mediante una cuba más grande o un recipiente adicional;
 - Filtro fino en el flujo lateral.
- 22.9 Las pruebas de aceptación de la cogeneración eficiente deben ser realizadas considerando los factores de potencia informados por el fabricante, que habitualmente es de 1 para generadores sincrónicos, y de 0,85 para generadores asincrónicos. Si se utilizó otro valor, debe ser informado en el acta de aprobación del equipo.
- 22.10 Luego de la inspección que se realice al sistema de cogeneración eficiente, se debe entregar un acta de aprobación, la cual debe contener a lo menos la siguiente información:
- Datos de referencia de la cogeneración eficiente
 - Potencia Nominal
 - Corriente Nominal
 - Potencia Térmica
 - Factor de potencia con el cual se realizaron las pruebas.
 - Emisión de gases contaminantes
 - Altitud
 - Presión del aire
 - Temperatura Ambiente
 - Humedad Relativa.
 - Procedimiento de operación y mantenimiento

22.11 Las pruebas relacionadas a la eficiencia térmica y a la cantidad de gases contaminantes expulsados por la cogeneración eficiente, deben ser realizadas según se indica en la VDI 3985, sin embargo, las pruebas relacionadas a la medición de emisión de gases contaminantes deberán cumplir con lo estipulado en la normativa vigente. En cualquier caso, la cogeneración eficiente deberá cumplir con los rendimientos globales o eléctricos equivalentes indicados en el DS 6/2015 del Ministerio de Energía.

CONSULTA PÚBLICA

ANEXO 1 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

1. Método de caída de potencial

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se debe aplicar el método de Caída de Potencial, cuya disposición de montaje para medición se muestra en la Figura 1.

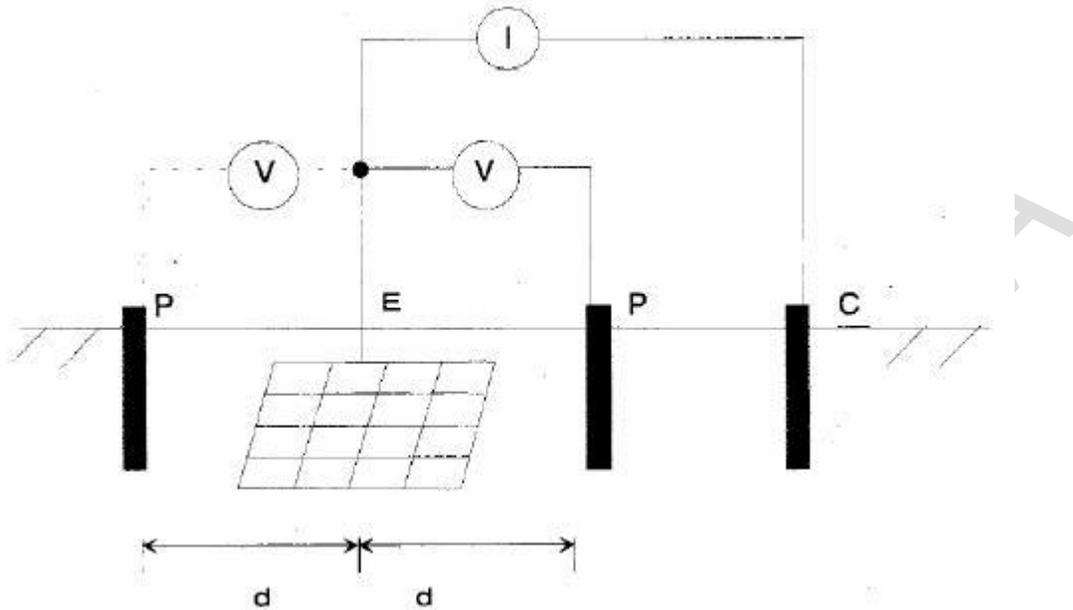


Figura 1. Método de la caída de potencial para medir la RPT.

El método consiste en pasar una corriente entre el electrodo o sistema de puesta a tierra a medir y un electrodo de corriente auxiliar (C) y medir la tensión entre la puesta a tierra bajo prueba y un electrodo de potencial auxiliar (P) como muestra la figura 1. Para minimizar la influencia entre electrodos, el electrodo de corriente, se coloca generalmente a una sustancial distancia del sistema de puesta a tierra. Típicamente ésta distancia debe ser mínimo 6.0 veces superior a la dimensión más grande de la puesta a tierra bajo estudio.

El electrodo de potencial debe ser colocado en la misma dirección del electrodo de corriente, pero también puede ser colocado en la dirección opuesta como lo ilustra la figura 1. En la práctica, la distancia "d" para el electrodo de potencial se elige aproximadamente al 62% de la distancia del electrodo de corriente. Esta distancia está basada en la posición teóricamente correcta (61.8%) para medir la resistencia exacta del electrodo para un suelo de resistividad homogéneo.

La localización del electrodo de potencial es muy crítica para medir la resistencia de una puesta a tierra. La localización debe ser libre de cualquier influencia del sistema de puesta tierra bajo medida y del electrodo auxiliar de corriente. La manera más práctica de determinar si el electrodo de potencial está fuera de la zona de influencia de los electrodos, es obtener varias lecturas de resistencias moviendo el electrodo de potencial en varios puntos entre la puesta a tierra bajo prueba y el electrodo de corriente. Dos o tres lecturas consecutivas aproximadamente constantes pueden asumirse como representativas del valor de resistencia verdadera.

La Figura 2, muestra una gráfica típica de resistencia contra distancia del electrodo de potencial (P). La curva muestra cómo la resistencia es cercana a cero cuando (P) se acerca al sistema de puesta a tierra, y se aproxima al infinito hacia la localización del electrodo de corriente (C). El punto de inflexión en la curva corresponderá a la resistencia de puesta a tierra del sistema bajo estudio.

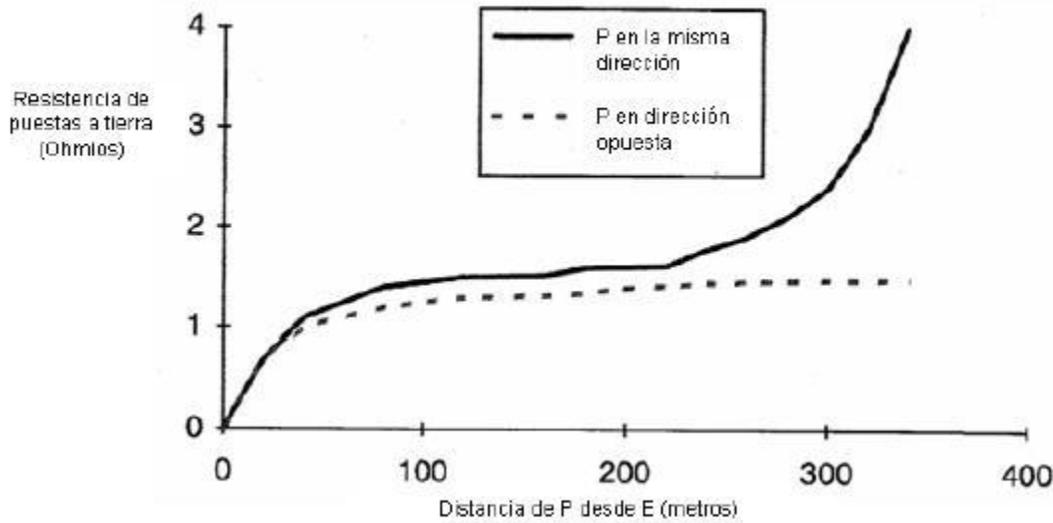


Figura 2. Resistencia de puesta a tierra versus distancia de (P).

Es aconsejable repetir el proceso de medición en una dirección distinta, lo que aumenta la confiabilidad de los resultados.

2. Gradientes de Potencial

La medición de la RPT por el método de Caída de Potencial genera gradientes de potencial en el terreno, producto de la inyección de corriente por tierra a través del electrodo de corriente. Por ello, si el electrodo de corriente, el de potencial y la puesta a tierra se encuentran muy cercanos entre sí, ocurrirá un solapamiento de los gradientes de potencial generados por cada electrodo, resultando una curva en la cual el valor de resistencia medida se incrementará con respecto a la distancia, tal como se muestra en la figura 3.

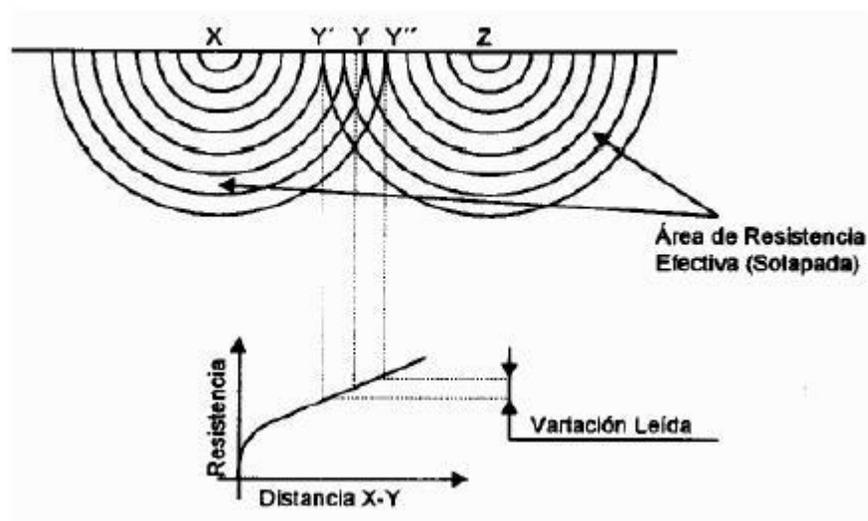


Figura 3. Solapamiento de los gradientes de potencial.

Al ubicarse el electrodo de corriente a una distancia lo suficientemente lejana de la puesta a tierra a medir, la variación de posición del electrodo de potencial, desde la puesta a tierra hasta el electrodo de corriente, no producirá solapamiento entre los gradientes de cada electrodo, originándose entonces una curva como la mostrada en la figura 4.

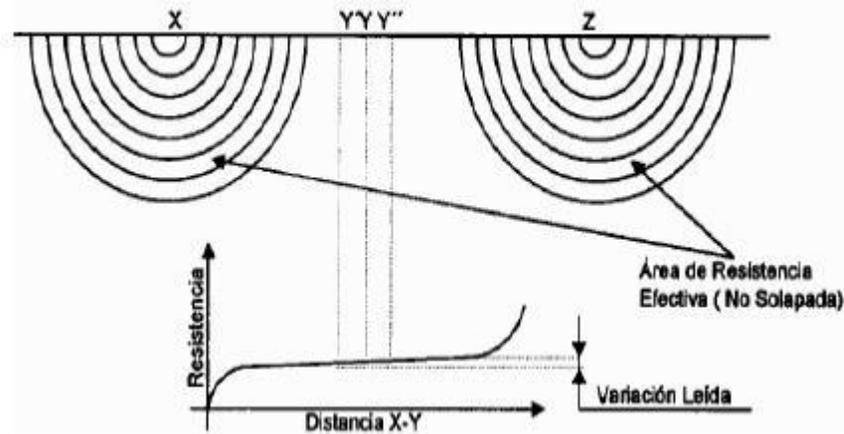


Figura 4. Curva de resistencia versus distancia sin solapamiento de gradientes de potencial.

En figura 4 puede observarse cómo existe una porción de la curva que permanece casi invariable, la cual será más prolongada o corta, dependiendo de la separación entre los electrodos de corriente (Z) y bajo prueba (X). El valor de resistencia asociada a este sector de la curva será el valor correcto de resistencia de puesta a tierra.

3. Medida de la RPT mediante medidor tipo pinza.

Este es un método práctico que viene siendo ampliamente usado para medir la puesta a tierra en sitios donde es imposible usar el método convencional de caída de potencial, como es el caso de lugares densamente poblados, centros de las ciudades, etc.

El medidor tipo pinza, mide la resistencia de puesta a tierra de una varilla o de una puesta a tierra de dimensiones pequeñas, simplemente abrazando el conductor de puesta a tierra o bajante como lo ilustra la figura 5.

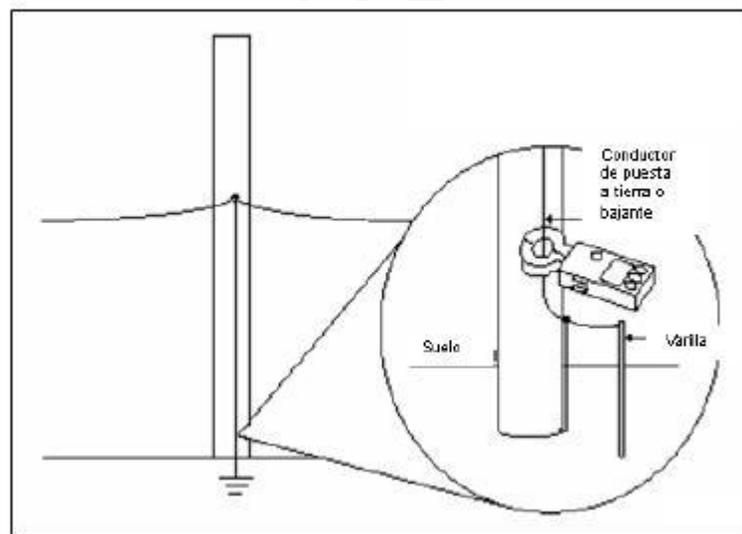


Figura 5. Medición de la RPT utilizando pinza.

El principio de operación es el siguiente:

El neutro de un sistema puesto a tierra en más de un punto, puede ser representado como un circuito simple de resistencias de puesta a tierra en paralelo (figura 6). Si una tensión "E" es aplicada al electrodo o sistema de puesta a tierra Rx, la corriente "I" resultante fluirá a través del circuito.

Típicamente los instrumentos poseen un oscilador de tensión a una frecuencia de 1.6 kHz, y la corriente a la frecuencia generada es recolectada por un receptor de corriente. Un filtro interno elimina las corrientes de tierra y ruido de alta frecuencia.

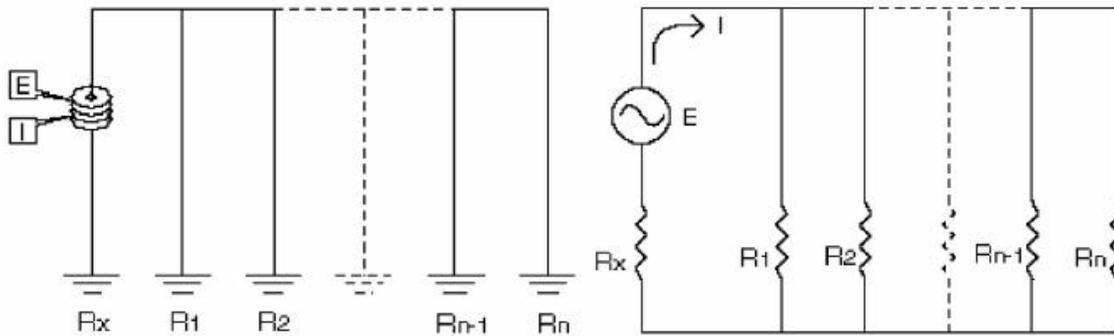


Figura 6. Circuito equivalente para un sistema puesto a tierra en más de un punto.

La relación entre la tensión y la corriente es determinada por el instrumento y desplegada en forma digital. El método está basado en la suposición de que la impedancia del neutro del sistema puesto a tierra en más de un punto, excluyendo el electrodo bajo medida, es muy pequeña y puede ser asumida igual a cero. La ecuación es la siguiente:

$$E/I = R_x + \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

Donde usualmente,

$$R_x \gg \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

Con esta suposición, la lectura indicada representa la resistencia de puesta a tierra del electrodo que se está midiendo.

El método posee las siguientes limitaciones:

- La aplicación es limitada a electrodos conectados a sistemas puestos a tierra en más de un punto de baja impedancia.
- Las conexiones corroídas o partidas del neutro del sistema (o cable de guarda) pueden influenciar las lecturas.
- No es aplicable a los sistemas de puesta a tierra en los cuales la corriente inyectada pueda retornar por caminos diferentes a la tierra misma.
- La presencia de ruido de alta frecuencia o campos electromagnéticos altos en el sistema, podría influenciar las lecturas.
- La existencia de altas resistencias en las conexiones con el electrodo de puesta a tierra.
- Si el conductor de conexión con el electrodo está abierto no se tendría una medida confiable.

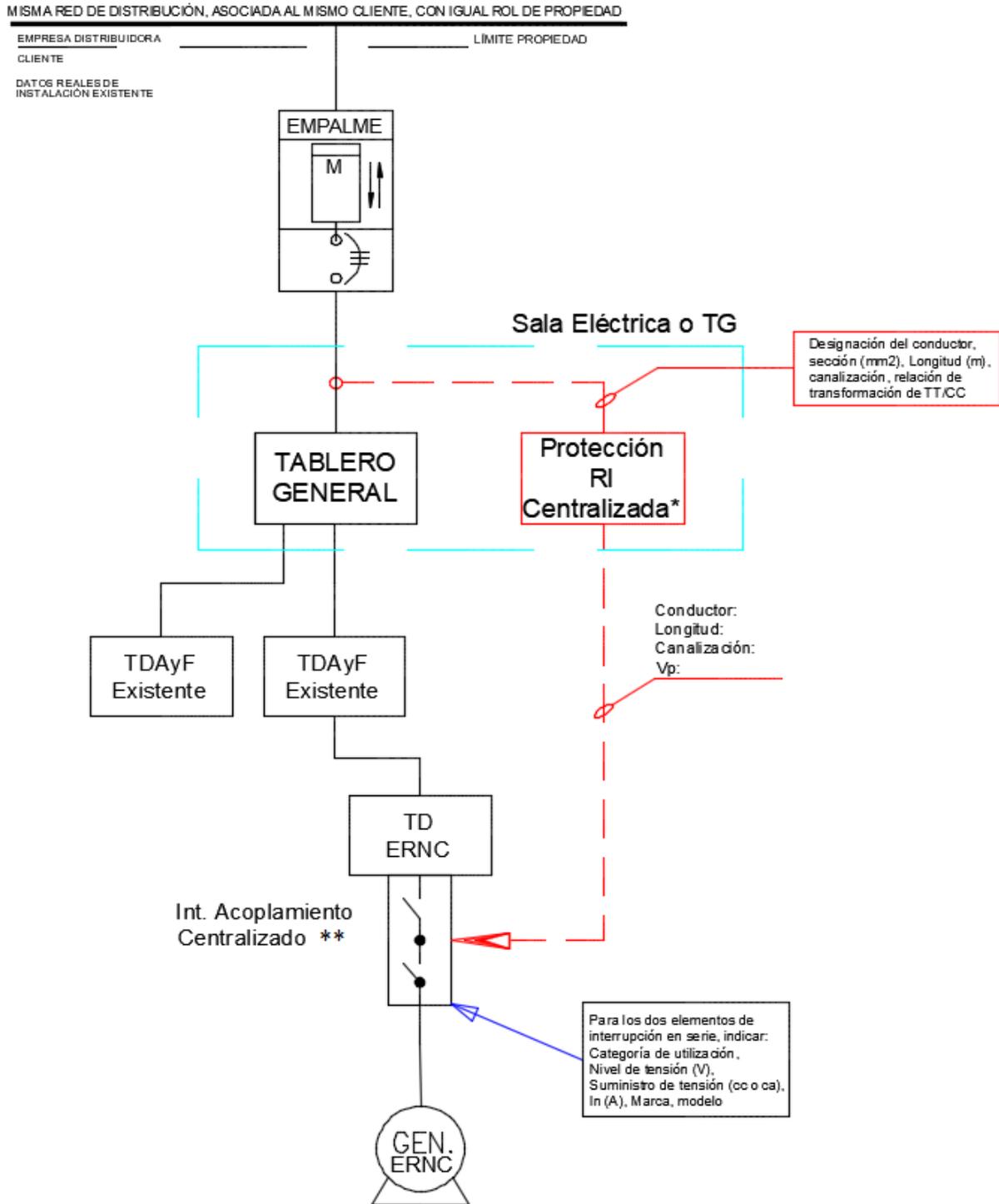
Es importante tener muy presente que si se está midiendo en postes donde no es accesible el conductor de puesta a tierra o donde se puede estar midiendo dos electrodos en paralelo, se debe usar un transformador de corriente de gran tamaño, ofrecido por algunos fabricantes (figura 7).



Figura 7. Transformador de corriente para abrazar todo el poste

ANEXO N° 2

DIAGRAMA UNILINEAL TIPO PARA UNIDADES GENERADORAS CON PROTECCIÓN RI CENTRALIZADA



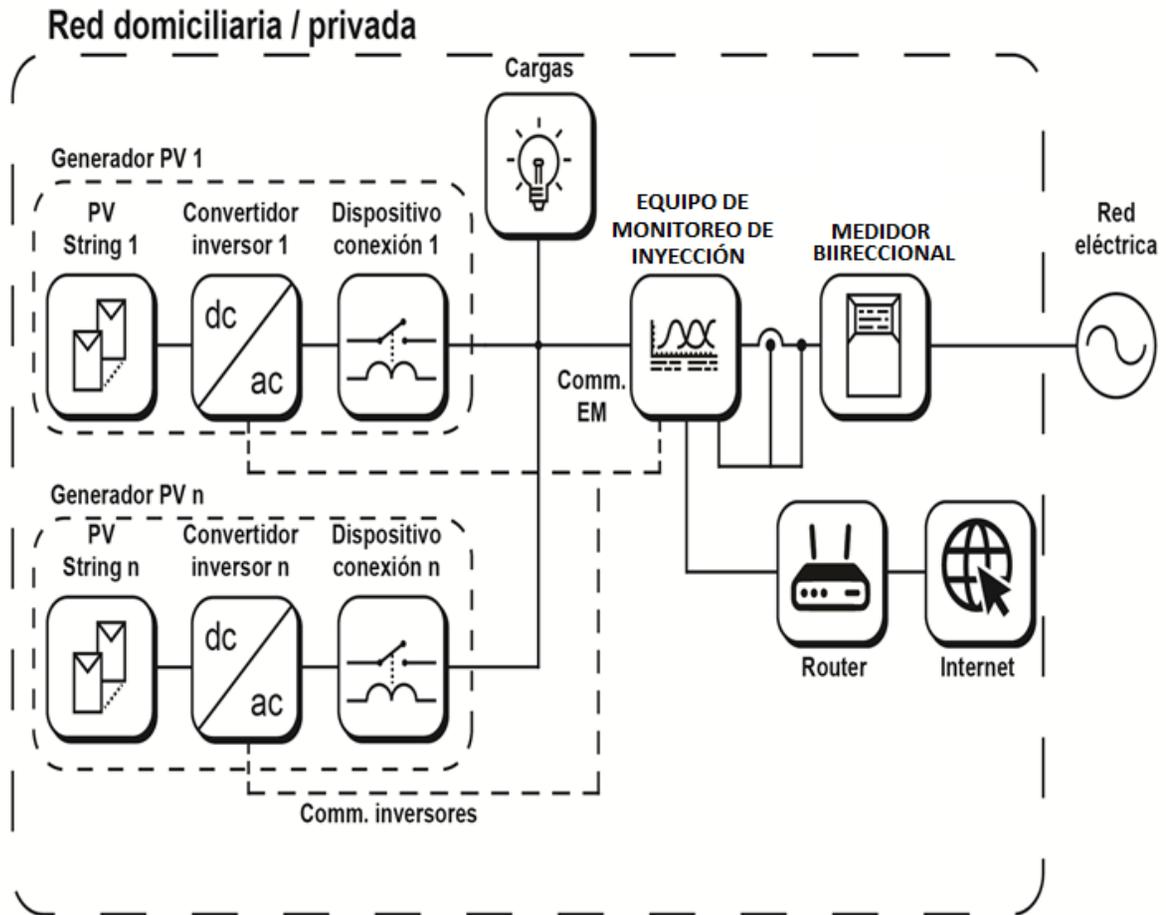
El diagrama unilineal tipo que se señala en este apéndice, muestra un esquema de generación a través de fuentes renovables, la cual dispone de una protección RI Centralizada con disparo transferido a través del interruptor de acoplamiento centralizado.

* La Protección RI Centralizada es obligatoria en proyectos fotovoltaicos mayores a 100 kW de capacidad instalada, y para cualquier fuente ERNC o cogeneración eficiente distinta de la fotovoltaica que no tenga inversores.

** El interruptor de acoplamiento centralizado puede estar en un lugar diferente de la RI Centralizada y activarse a través del disparo transferido, sin embargo, debe protegerse frente a sobrecargas y cortocircuitos.

ANEXO N° 3

ESQUEMA TIPO PARA UNIDADES GENERADORAS CON EQUIPO LIMITADOR DE INYECCIONES DE ENERGÍA



El esquema tipo que se señala en este apéndice, muestra un sistema de generación fotovoltaica controlada por un dispositivo central autónomo. Este esquema requiere de un equipo externo al sistema de generación (para el ejemplo, se utiliza el equipo de monitoreo de inyección que tiene la capacidad de medir el consumo neto de energía hacia la red), quien comunica al (los) inversor (es) al momento de limitar las inyecciones configuradas.

El máximo tiempo de actuación del sistema de limitación de inyección en reducir la potencia aparente exportada actual a un valor igual o menor a la capacidad exportable máxima será de 5 segundos.

El sistema de limitación de inyección debe ser fail-safe o falla-segura, de forma que, si cualquier componente o sistema de señales que comprometa la limitación de energía falla o pierde su fuente de alimentación, el esquema debe reducir la potencia activa inyectada a la red a un valor que sea menor o igual a la máxima potencia exportable en una ventana de 5 segundos.