



PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0

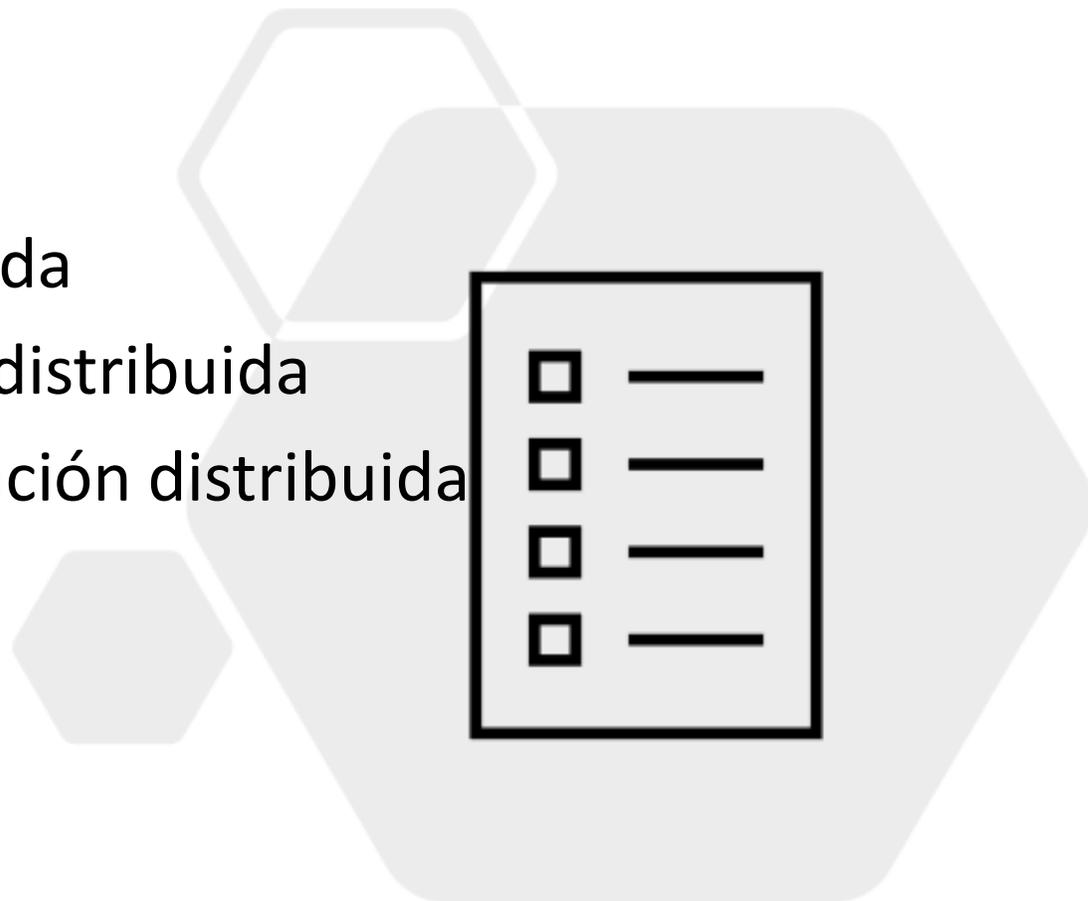
Generación distribuida

# Propuesta técnica de implementación de GD

# Propuesta Técnica de Implementación

## Contenido

- Códigos de red
- Conexión de la generación distribuida
- Criterios técnicos de la generación distribuida
- Medición en el ámbito de la generación distribuida
- Requisitos para la Operación de GD
- Configuraciones Avanzadas



## Importancia de Códigos de Red

- Conjunto de reglas
- Buscan correcto funcionamiento de la red
- Permiten aumentar la penetración de GD



Fuente: García J.



Fuente: Presidencia de consejo de ministros

Requerimientos  
técnicos y de diseño  
mínimos

códigos de interconexión de  
generadores renovables de  
gran y pequeña escala

## Objetivos de Códigos de Red

- Continuidad del servicio eléctrico.
- La tensión y frecuencia dentro de los límites permitido.
- El sistema debe ser capaz de recuperarse rápidamente después de perturbaciones.
- El sistema de potencia debe operar sin poner en peligro a las personas y personal de las EDE.
- Tratos justos a dueños de los generadores.

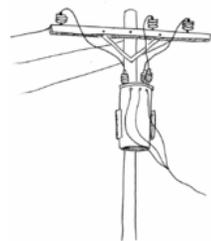
Definen como conectarse a la red eléctrica y cómo responder ante diferentes tipos de perturbaciones y condiciones de red.

Es requisito legal para conexión de generadores

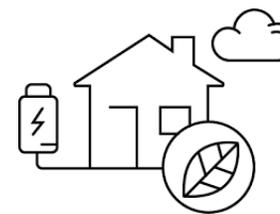
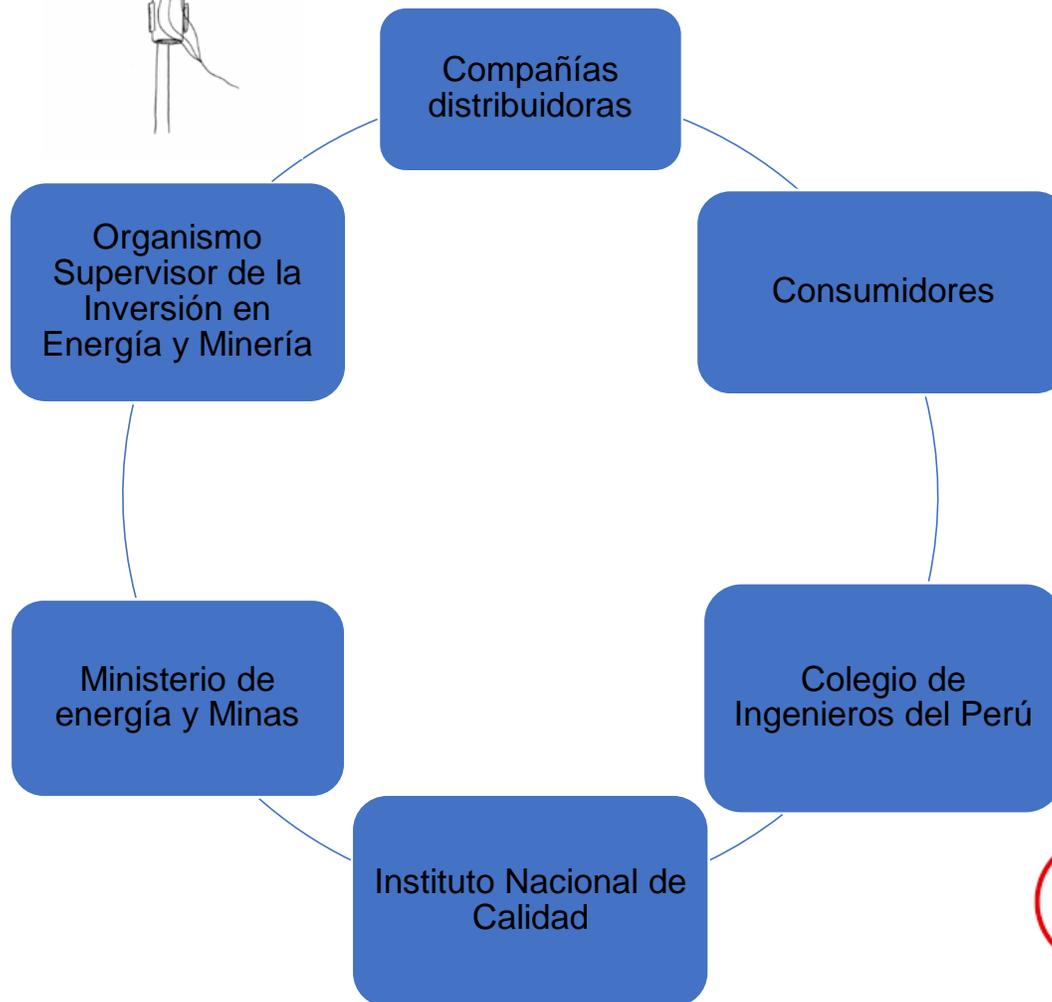
Mismos códigos de red en todo el país



Fuente: Presidencia de consejo de ministros



## Partes Interesadas



## Partes Interesadas



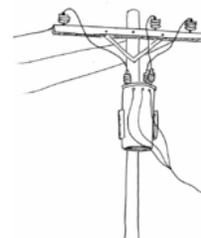
Velar por creación y actualización de reglamentos



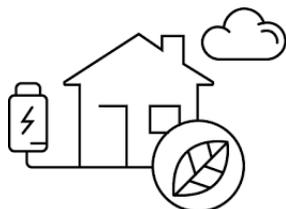
- Validación de incorporación ingenieros que diseñan proyectos



Supervisa el cumplimiento de calidad de energía en la red eléctrica



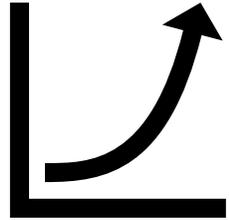
- Verificación de la seguridad de la red eléctrica
- Proceso de conexión



- Asegurar el mantenimiento, correcta instalación y seguridad del generador



- Normalización de normas técnicas.



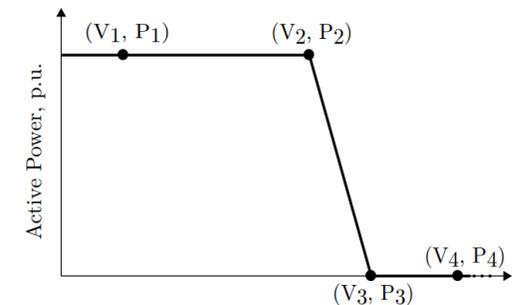
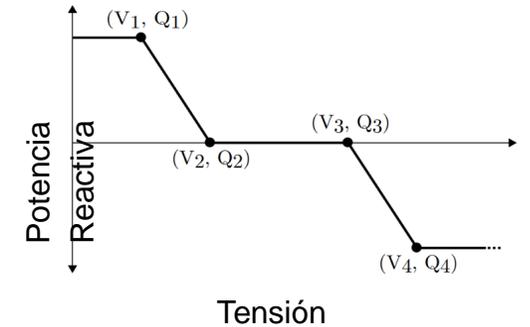
## Etapas de Implementación

### Etapa 1

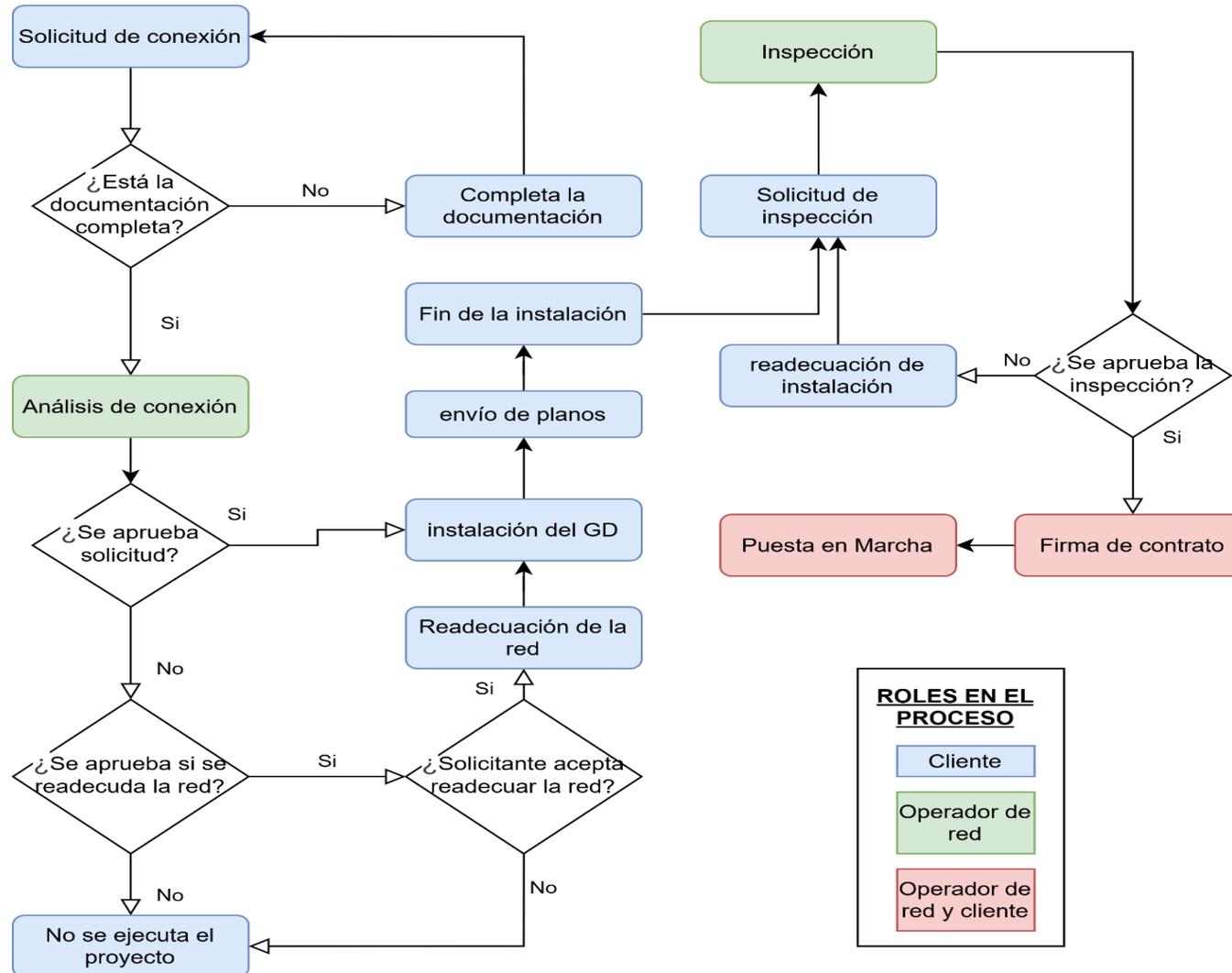
- Estudios de impacto de la GD en la red de distribución.
- Estimaciones de capacidad de alojamiento.
- Límite de penetración es igual o menor a la capacidad de alojamiento.

### Etapa 2

- Estudios avanzados de la red cuando se supere la capacidad de alojamiento
- Uso de inversores inteligentes
- Activación de control Volt-Watt y Volt-Var
- Permite aumentar la penetración de GD sin poner en riesgo la red



# Flujograma del Proceso de Conexión

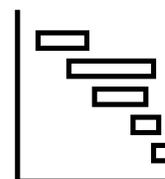


**ROLES EN EL PROCESO**

- Cliente
- Operador de red
- Operador de red y cliente

## Plazos del Proceso de Conexión

Etapa	Plazo	Responsable
Respuesta de solicitud de conexión	15 días naturales	Compañía distribuidora
Completar información pendiente en la solicitud de conexión	7 días naturales	cliente solicitante
Estudio complementario	30 días naturales para generadores menores a 250 kW y 90 días naturales para generadores mayores o iguales a 250 kW.	compañía distribuidora
Instalación	90 días naturales para sistemas menores a 250 kW. 180 días naturales para generadores mayores o igual a 500 kW. Los plazos pueden ser prorrogables con la justificación correspondiente.	cliente solicitante
Inspección 1	15 días naturales	Inspector externo del Colegio de Ingenieros del Perú
Inspección 2	15 días naturales	Compañía distribuidora
Firma de contrato	7 días naturales	Compañía distribuidora y cliente solicitante.
Puesta en marcha	7 días naturales	Compañía distribuidora y cliente solicitante.
Reporte del generador al Ministerio de Energía y Minas	7 días naturales	Compañía distribuidora



## Solicitud de conexión



- Información legal del cliente solicitante.
- Contacto del solicitante.
- Firma del solicitante
- Potencia nominal del generador en kW
- Fuente de energía utilizada por el generador
- Cantidad, modelo y marca de equipos a instalar. Ejemplo: módulos fotovoltaicos e inversores.
- Fichas técnicas de los equipos a instalar.
- Certificados de los equipos a instalar.
- Tensión de operación del equipo generador conectado a la red eléctrica.
- Tipo de conexión del generador, ejemplo: trifásico delta, trifásico estrella, banco monofásico para formar trifásico, monofásico.
- Capacidad del transformador del generador (si aplica)
- Indicar si es una ampliación o es un sistema nuevo.
- Indicar si es un proyecto conectado a la red eléctrica. En caso de ser aislado solo se requiere una declaración del sistema, de forma que se tenga un registro de la cantidad de generadores instalados.

# Formulario de solicitud de conexión

**Solicitud de conexión**

El presente formulario es utilizado con el objetivo de crear una solicitud de conexión de un generador distribuido a la red eléctrica de distribución de Perú. Para lo anterior se debe llenar por completo, así como adjuntar los documentos relevantes para un mayor entendimiento del proyecto, como por ejemplo el diagrama unifilar.
 Fecha

**Datos del cliente**

Nombre:

Tipo de persona: Física  Jurídica 
 Número de cédula o ID: 
 Teléfono:

Número de cliente: 
 # Telefónico: 
 Correo electrónico:

Dirección completa:

**Datos del solicitante**

Nombre:

Número de cédula o ID: 
 Teléfono: 
 Correo electrónico:

**Datos del generador por instalar**

Ampliación de sistema  Sistema Nuevo

Tipo de fuente de generación: 
 Modelo y marca de generadores:

Potencia pico de generación (kW):

Potencia nominal de generación (kW):

Cantidad de generadores:

Tensión de operación del generador: 
 Generador requiere transformador: SI  NO

Tipo de conexión del generador:

Sistema conectado a la red  Potencia del transformador:

Sistema aislado de la red  Energía generación anual (kWh)

**Documentos adjuntos**

Certificación de equipos   
 Fichas técnicas   
 Diagrama unifilar

Firma del Solicitante



## Criterios de Estudios de Conexión



Determinan si el GD operará de forma segura.

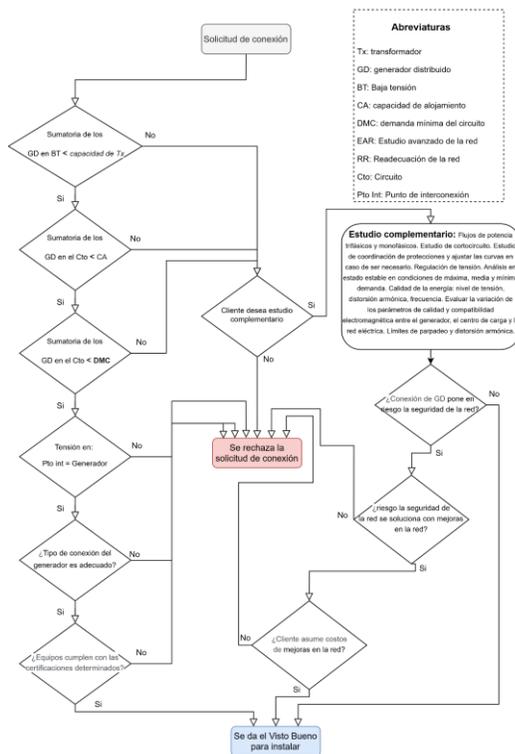
para cada solicitud de conexión es necesario realizar el respectivo estudio.

Se debe hacer desde una perspectiva técnica neutral.



# Criterios de Estudios de Conexi3n

- Potencia total de GD en BT no supera la capacidad de los elementos del circuito.
- Potencia total de GD en el circuito de distribuci3n no supera la capacidad de alojamiento.
- Potencia total de GD no supera demanda m3nima del circuito.
- Nivel de tensi3n del punto de conexi3n es igual al del generador.
- Tipo de conexi3n del punto de conexi3n es igual o compatible al del generador.
- Se instalar3n equipos con certificaciones.



Si no se cumple alguno de los primeros 3 la EDE debe proponer un estudio complementario.

Costos cubiertos por el solicitante



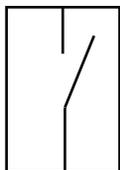
## Estudio Complementario

Si El solicitante acepta pagar los costos del estudio complementario, se procede con lo siguiente.

- Flujos de potencia trifásicos y monofásicos
- Límites operativos y restricciones al flujo de potencia
- Estudio de cortocircuito
- Estudio de coordinación de protecciones y ajustar las curvas en caso de ser necesario
- Regulación de tensión
- Análisis en estado estable en condiciones de máxima, media y mínima demanda.
- Calidad de la energía: nivel de tensión, distorsión armónica, frecuencia.
- Evaluar la variación de los parámetros de calidad y compatibilidad electromagnética entre el generador, el centro de carga y la red eléctrica.
- Límites de parpadeo y distorsión armónica.



## Criterios Técnicos de Diseño y operación



diseñado y firmado por un profesional responsable incorporado al Colegio de Ingenieros del Perú.

Medio de desconexión accesible

Se prohíben bancos de generadores, con excepción de los que posean lazo de comunicación

Generador debe tener capacidad de generar variaciones de tensión y caídas de fase



**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ**

## Criterios Técnicos Generales

**Todos los generadores deben contar con las siguientes protecciones:**



## Criterios Técnicos para Generadores Síncronos

**Además de las protecciones anteriores, los generadores síncronos deben contar con las siguientes protecciones:**

Protección por desplazamiento del neutro

Direccional de sobrecorriente de fase a tierra

Sobrecorriente instantáneo

Sobrecorriente instantáneo con retardo de tiempo

Sobrecorriente instantáneo de neutro

Sobrecorriente con restricción de tensión

Sobrecorriente a tierra

Sobretensión del neutro

Relevador de balance de tensión

## Criterios Técnicos para Generadores Síncronos

**Además de las protecciones anteriores, los generadores síncronos deben contar con las siguientes protecciones:**

Secuencia Negativa

Secuencia negativa de tensión

Baja tensión en neutro

Baja tensión

Sobretensión

Pérdida de excitación

Sobre/baja frecuencia

Verificador de sincronismo

Detección de línea muerta para no interconectar a la red

## Condiciones para la Conexión del GD

Para proceder con la interconexión, el solicitante debe cumplir con los siguientes requisitos:



- Solicitud de conexión aprobada.
- Adecuaciones a la red realizadas (si aplica).
- Planos enviados a la compañía distribuidora.
- Instalación 100% completada
- Aprobación de inspección técnica de la instalación.
- Aprobación de la inspección realizada por la compañía distribuidora.
- Aprobación de pruebas operativas.
- Aprobación de la instalación y comunicación (si aplica) del sistema de medición.
- Contrato firmado por ambas partes.

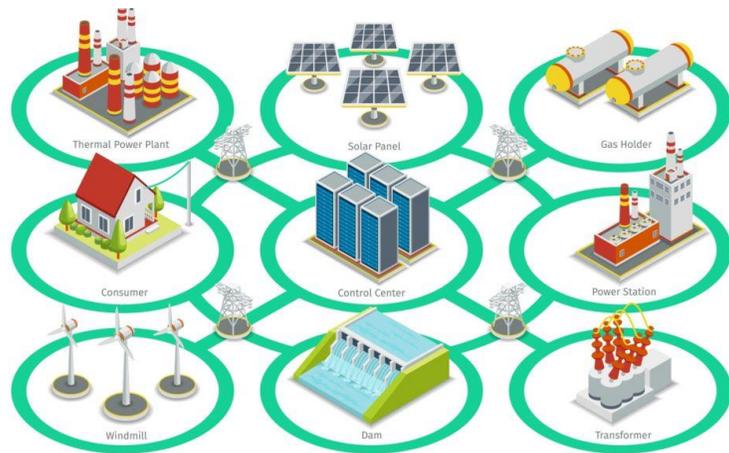


## Medición, Control y Protección

- No es indispensable
- Brinda confiabilidad
- Facilita información que puede ser utilizada para mejoras del código de red



Fuente: Honeywell



Fuente: IEEE

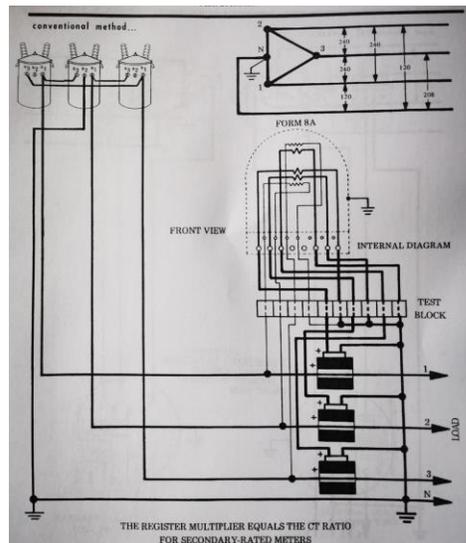
### Factores a considerar

- Tipo de medición
- Tipo de Lectura
- Control e intercambio de información

# Tipos de Medición

## Medición Indirecta

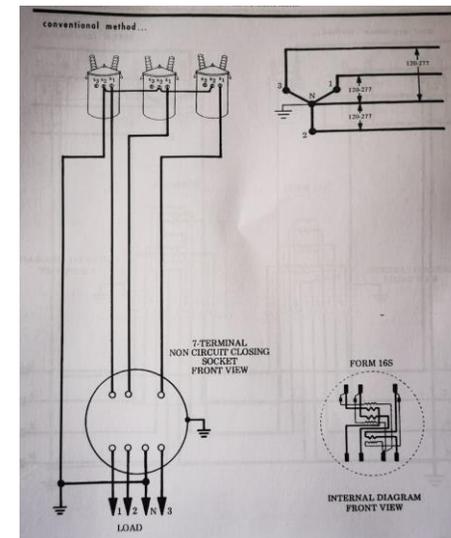
- Límite de corriente: depende de los CT
- Trifásico o monofásico
- Baja o media tensión



Fuente: ABB

## Medición Directa

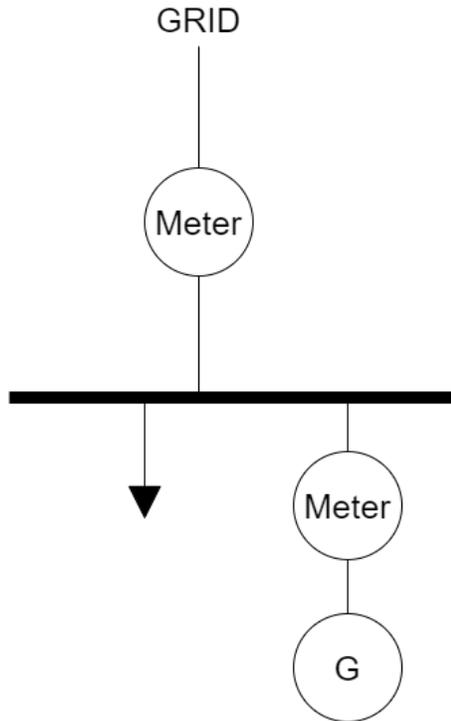
- Límite de potencia: 200 A
- Trifásico o monofásico
- Baja tensión



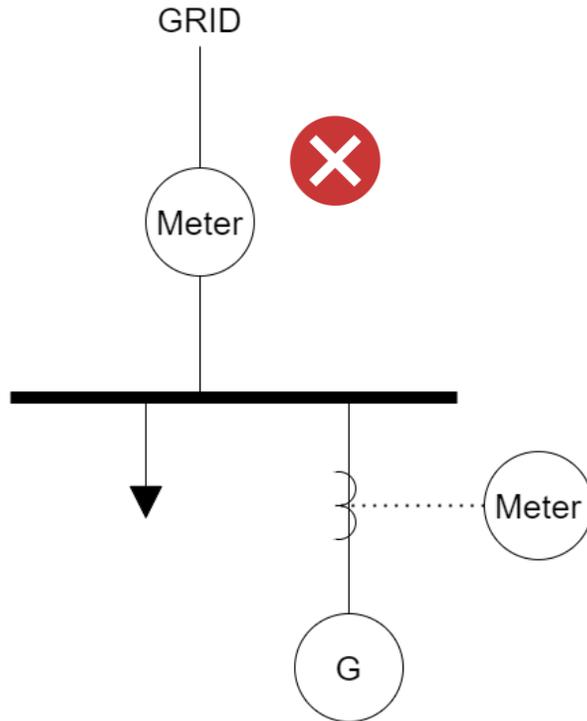
Fuente: ABB

# Tipos de Medición

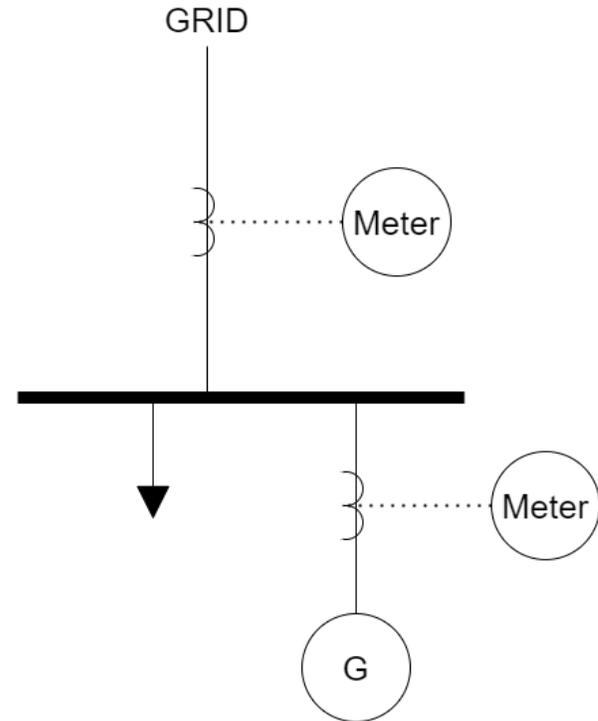
Acometida y generador con potencias similares



Acometida con capacidad inferior al generador, se debe cambiar acometida y medidor principal



Configuración de medidores apropiada para grandes consumos y generación

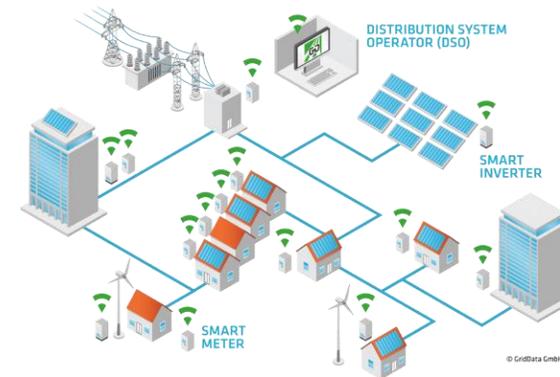


## Tipos de Lecturas de Medición

- Lectura Manual
- Lectura Remota
  - Radio Frecuencia
  - 3G
  - Ethernet



Fuente: CNFL



Fuente: European Utility Week-2019



Fuente: LinkSys



Fuente: ecuRed

## Intercambio de Información

Aplica para sistemas mayores a 500 kW o conectados en media tensión

Parámetro	Descripción
Potencia Activa	Potencia activa generada en watts
Potencia Reactiva	Potencia activa generada en VArS
Frecuencia	Frecuencia en Hertz
Tensión	Tensión en Volts de cada fase
Estado de operación	Encendido o apagado, se pueden agregar más estados
Estado de la conexión	Estado de la conexión con la red
Estado de alarmas	Estado de alarmas del generador o generadores.



Fuente: Revista energía

## Pruebas de Conexión

- Prueba anti-isla: Se puede omitir si el inversor cumple con alguna certificación como IEEE 1547.1 o bien su equivalente.
- Prueba de sincronización:
- Prueba de tensión: Cambio en el nivel de tensión no sea superior al establecido en NTCSE o NTSCSER, según corresponda.
- No exportación
- Verificación de los parámetros configurados en los equipos, esto incluye:
  - rangos de operación de tensión y frecuencia de acuerdo con NTCSE o NTSCSER, según corresponda.
  - tiempo de reconexión ajustados a la necesidad del centro de control o bien según la norma IEEE1547.
  - factor de potencia unitario, a menos que exista algún control activado.
  - estado de control volt/var, Volt/Watt y respuesta a la frecuencia: Configurar de acuerdo al requerimiento del circuito, o bien de acuerdo a alguna norma. Por ejemplo, la Regla 21.
  - Reconexión automática: activado

Si no se aprueba se debe hacer las correcciones necesarias.



## Requisitos para la Operación de GD

Durante la operación del sistema de GD el productor debe garantizar los siguientes puntos:

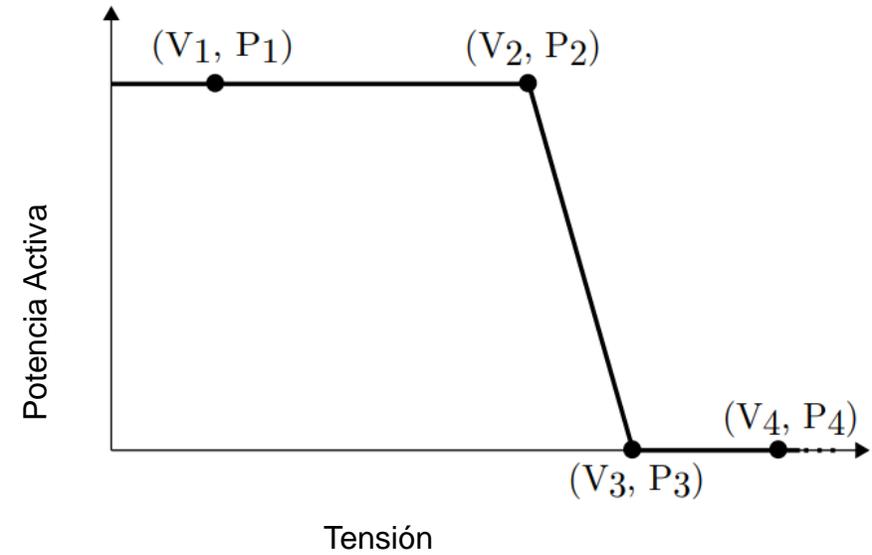
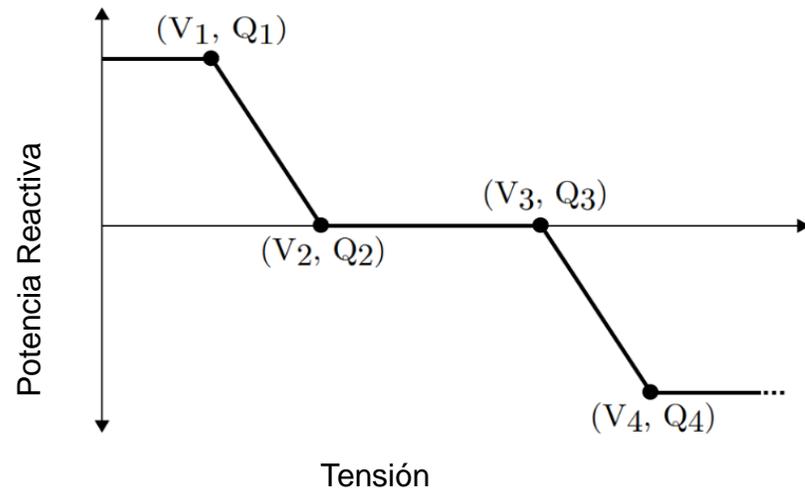
- Anti-isla: Se puede solicitar el cumplimiento de certificaciones como la IEC 62116 en su última versión, o bien la IEEE 1547.
- No provocar variaciones de tensión fuera de los parámetros determinados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin).
- No provocar variaciones de frecuencia fuera de los parámetros determinados por el Osinergmin los cuales son de los valores nominales para variaciones sostenidas y de para variaciones súbitas.
- El límite de distorsión armónica debe establecerse con base en las directrices del Osinergmin, o bien se puede utilizar equipos certificados con la norma IEEE 1547.

Una vez el sistema se pone en marcha, el mismo debe ser registrado ante el ministerio correspondiente



## Configuraciones Avanzadas

- Volt-Watt
- Volt-VAr



## Modelo Tarifario

- El modelo tarifario puede ser implementado de distintas formas.
- Modelos en países estudiados
  - Zero inyección: No se permite inyectar energía a la red
  - Neteo de energía: reconocimiento de energía inyectada a la red
  - Alquiler de techo: permite alquilar el techo para autoconsumo remoto
  - Autoconsumo remoto: instalar generación el lugar distinto al centro de consumo

La implementación depende de políticas a nivel país e intereses de las partes involucradas



# Muchas gracias por su atención

Jairo Quirós-Tortós  
Universidad de Costa Rica  
jairoquirotortos@ieee.org

Abdenago Guzmán Ledezma  
Consultor  
nagoguzle@gmail.com



