

# Normativa técnica y procedimientos para interconexión de GD

Escuela de Ing. Eléctrica

Dr. Gustavo Valverde Mora

[\*gustavo.valverde@ucr.ac.cr\*](mailto:gustavo.valverde@ucr.ac.cr)

# Contenido

- Repaso de regulación y reglamentación nacional relacionada a GD
- Posibilidades de mejora de Reglamento de GD
- Normativa técnica internacional relacionada a GD
- Procedimientos de interconexión en otras jurisdicciones

## IEEE 1547

- Facilita la integración de la GD a la red con el menor impacto posible
  - Primer versión en 2003 (rev. 2014 y **2018**)
  - Acompañado de documentos adicionales
- 
- ✓ 1547.1 Procedimientos de pruebas a equipos
  - ✓ 1547.2 Guía para aplicar correctamente la IEEE 1547
  - ✓ 1547.3 Guía para monitoreo, control e intercambio de info GD
  - ✓ 1547.4 Microredes y su interconexión con el SP
  - ✓ 1547.6 Interconexión de GD en redes secundarias (malladas)
  - ✓ **1547.7 Guías para conducir estudios de interconexión de GD**

## Capítulo XII POASEN 2014

- **AR-NT-POASEN Capítulo XII** se apoyaba en la IEEE 1547 para definir algunos de los requerimientos técnicos:
- En condiciones de desconexión del servicio eléctrico, el generador distribuido debe desconectarse de la red
- La capacidad de carga y la capacidad de interrupción de falla no debe ser excedido cuando se instalen GDs.
- GDs con capacidad de 250 kVA o más deben contar con equipo de monitoreo de tensión y potencia de salida
- GDs no deben llevar la tensión de operación fuera de los límites establecidos

# AR-NT-POASEN 2014



ARESEP incluyó aspectos que **no consideraba** IEEE 1547.2003:

- La capacidad máxima del GD es 1 MVA
- ***La capacidad agregada de GDs en un mismo alimentador no debe exceder el 15% de la demanda máxima anual del alimentador***
- Las adecuaciones de red de baja tensión para conexión de GD con capacidad < 50 kVA corren por cuenta de la distribuidora

## Efecto PGR

- **Dictamen C-165-2015:** Modalidad medición neta sencilla para autoconsumo no es servicio público.
- **ARESEP** deroga 30 artículos de POASEN, entre ellos los relacionados a la norma IEEE 1547 y los límites a la GD.
- **ARESEP** define metodología para tarifa de costo de acceso a la red.
- **MINAE** publica Decreto 39220 Reglamento de Generación Distribuida para Autoconsumo.

# Reglamento GD de MINAE

## Artículos relacionados con la interconexión de GD

Artículo 10.—**Estudio técnico de capacidad máxima para interconexión de sistemas.** La empresa distribuidora tiene la obligación de realizar los estudios técnicos para determinar la capacidad máxima de potencia que se puede agregar a cada circuito. El estudio técnico base debe incluir, al menos, los siguientes criterios:

- a) Variaciones de frecuencia.
- b) Sobrecorrientes.
- c) Capacidad máxima de la infraestructura para el flujo de potencia.
- d) Fluctuaciones de voltaje.
- e) Corto circuito.
- f) Coordinación de protección.
- g) Estabilidad transitoria.
- h) Límites de parpadeo y distorsión armónica.
- i) Topología de la red.

# Reglamento GD de MINAE

Artículo 11.—**Normas técnicas aplicables.** Para brindar el servicio de interconexión la empresa distribuidora debe cumplir con las normas técnicas establecidas por la ARESEP.

Artículo 21.—**Solicitud de disponibilidad de potencia en el circuito.** Para instalar un sistema de generación interconectado a la red de distribución, el abonado presentará a la empresa distribuidora una solicitud para el estudio de disponibilidad de potencia en el circuito. Se permitirá la cantidad de interconexiones de acuerdo a la capacidad máxima permitida en un circuito.

Artículo 29.—**Suspensión, interrupción y desconexión.** La empresa distribuidora podrá suspender, interrumpir o desconectar el servicio de interconexión del productor-consumidor, según lo establecido en el contrato de interconexión, las normas técnicas exigibles y las siguientes situaciones:

- b) Por fallas en la red de distribución provocadas por el productor-consumidor.

Artículo 44.—**Capacidad máxima de sistemas conectados a un circuito.** La capacidad máxima de todos los sistemas de generación conectados en un mismo circuito, incluyendo el sistema propuesto, no deberá exceder el quince por ciento (15%) de la demanda máxima anual del circuito. Se considera demanda máxima, como aquella medida a la salida de la subestación a la cual está conectado el circuito bajo condiciones de operación normal del mismo, no se considera la potencia asociada a los circuitos de respaldo.



# Estudios de impacto GD en CR

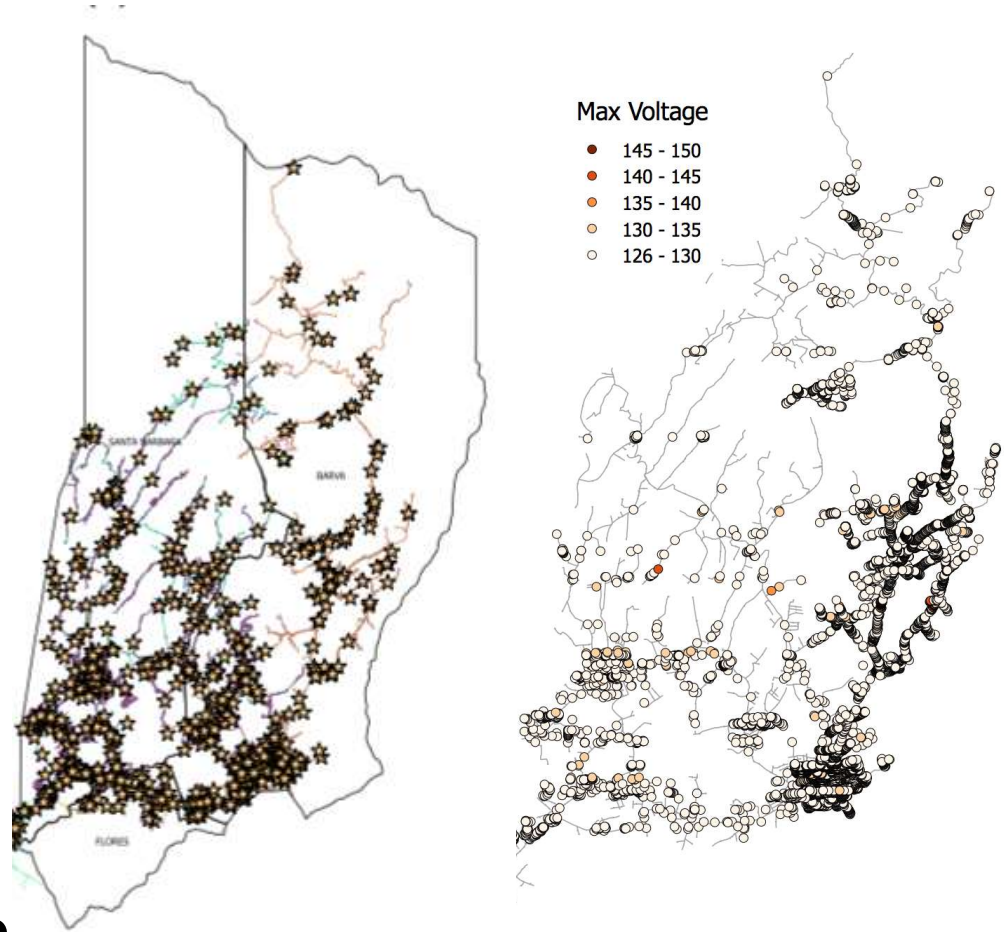
UCR realizó estudio a circuito de CNFL en 2015

Extensión a circuitos de otras distribuidoras y creación de herramientas en 2017.

**Límite de 15% no tiene sustento técnico**

**No importa cantidad sino ubicación (concentración)**

**Mayor problema detectado es sobretensión**



Nivel de penetración 50%

## Publicación de IEEE 1547.2018

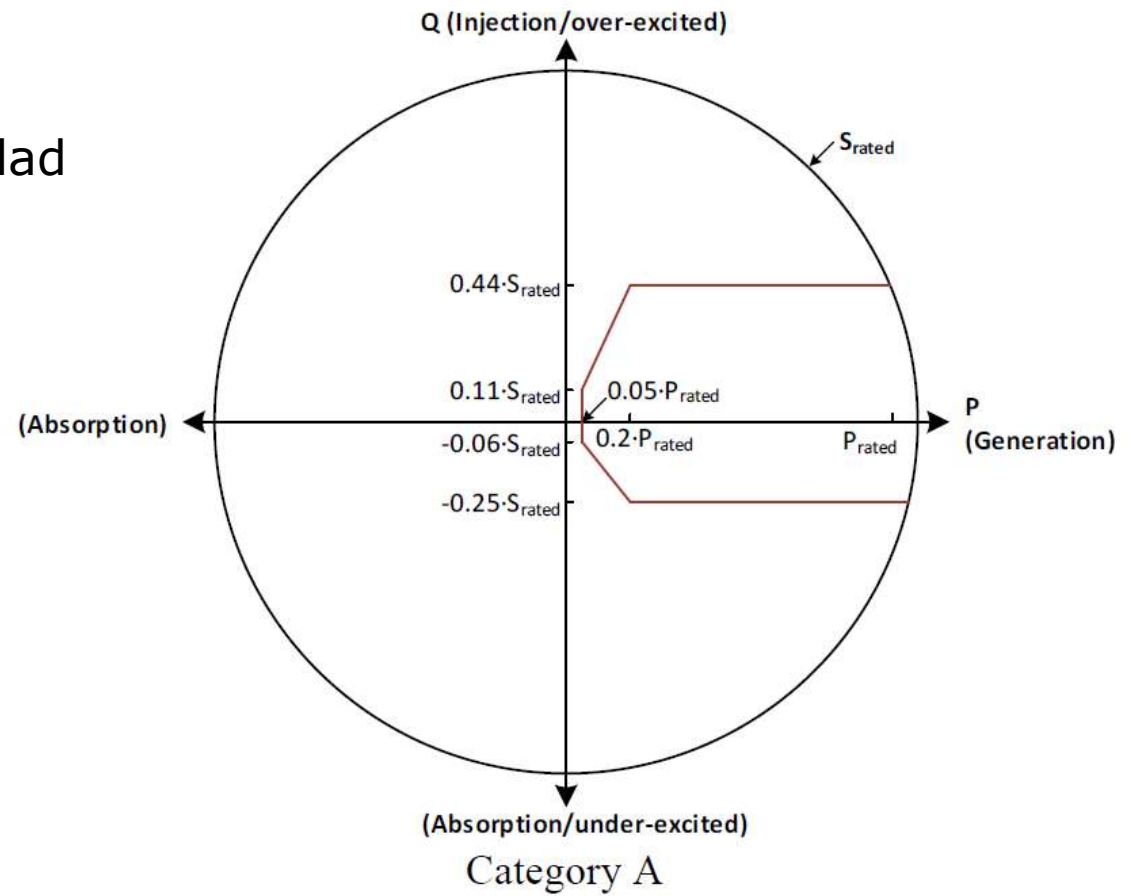
... Todavía no impone límite a GD (ni lo va a hacer)

# Requerimientos de IEEE 1547.2018

- Al momento de sincronizar, la tensión en PCC no debe variar más de 5% (respecto al nominal)

El GD debe tener capacidad de consumir o inyectar potencia reactiva

En Costa Rica, los GD operan a fp unitario



# Requerimientos de IEEE 1547.2018



## Control de tensión

**Table 6—Voltage and reactive/active power control function requirements for DER normal operating performance categories**

DER category	Category A	Category B
<b>Voltage regulation by reactive power control</b>		
Constant power factor mode	Mandatory	Mandatory
Voltage—reactive power mode <sup>a</sup>	Mandatory	Mandatory
Active power—reactive power mode <sup>b</sup>	Not required	Mandatory
Constant reactive power mode	Mandatory	Mandatory
<b>Voltage and active power control</b>		
Voltage—active power (volt-watt) mode	Not required	Mandatory

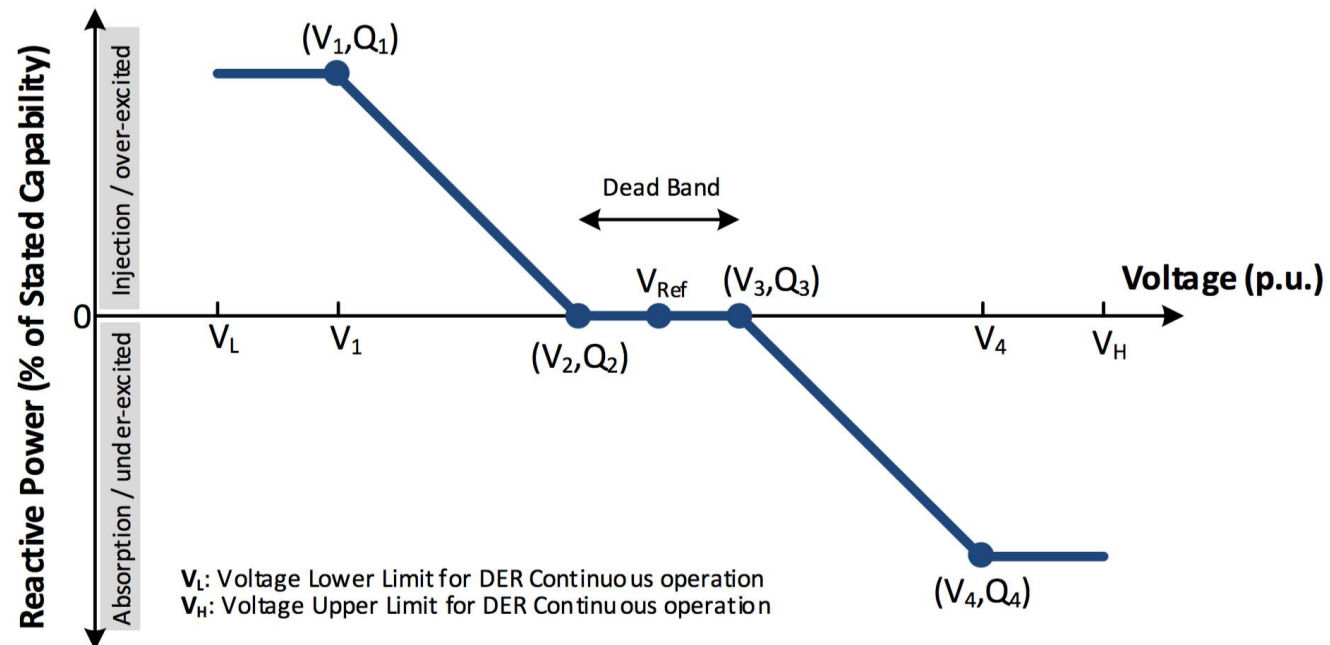
<sup>a</sup>Voltage-reactive power mode may also be commonly referred to as “volt-var” mode.

<sup>b</sup>Active power-reactive power mode may be commonly referred to as “watt-var” mode.

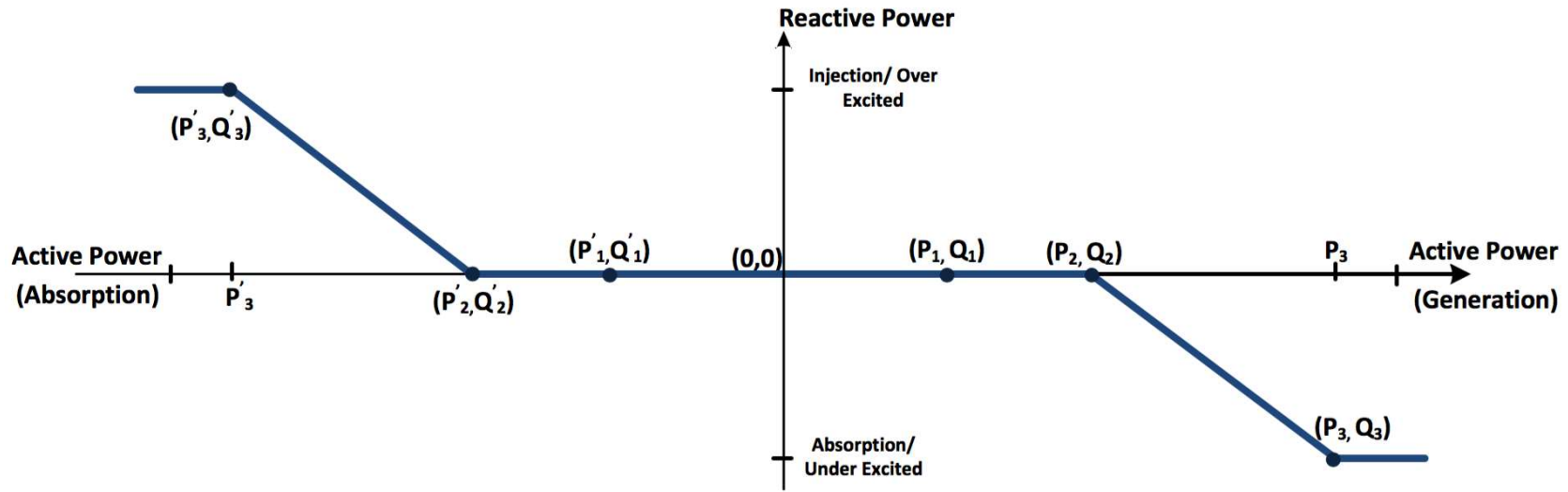
## Modo fp constante

- Este es el modo por defecto, con  $fp=1$ .
- El operador de red define el  $fp$  (se ajusta local o remotamente)
- El  $Q$  de salida no debe superar el 44% de kVA nominal
- El valor de  $fp$  deseado debe lograrse en 10 s o menos

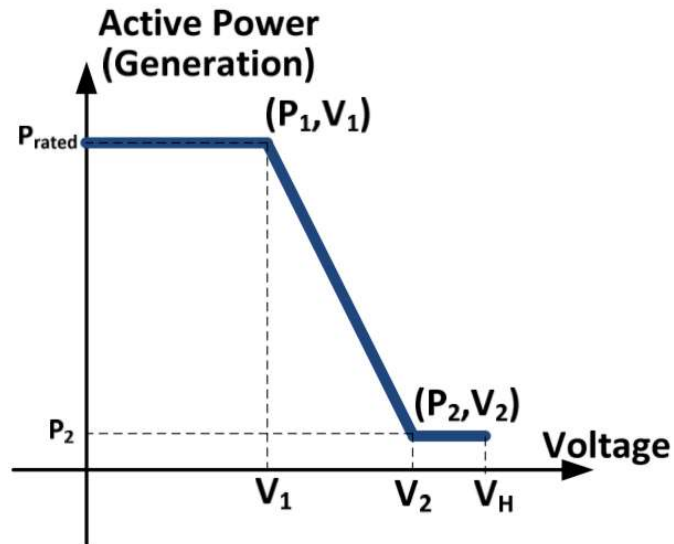
## Modo VVC

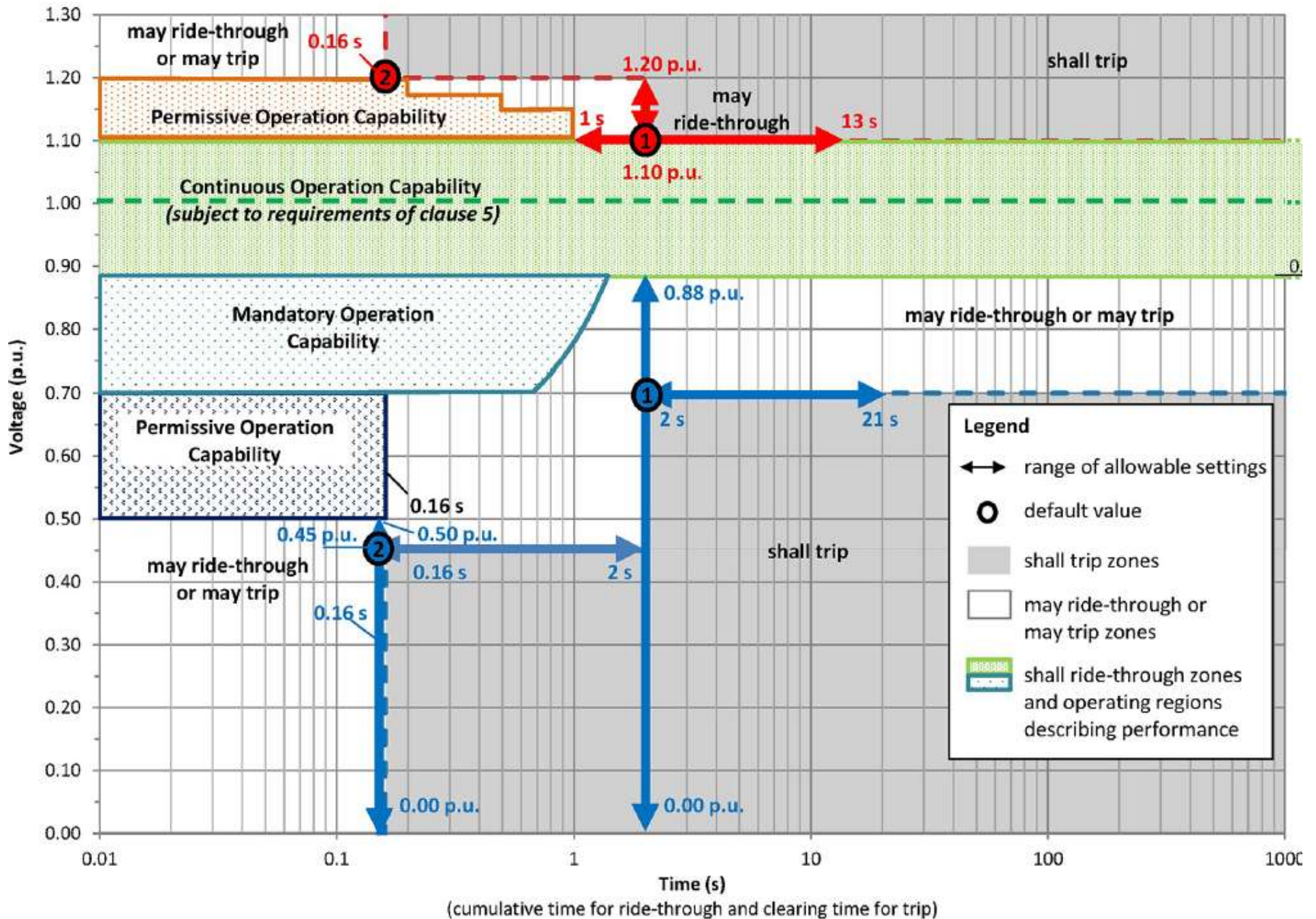


# Modo PQ



# Modo VWC





# Simulación de inversores inteligentes CR

Table I: Number of affected customers in the large-scale DN.

Penetration level, kW	Affected customers
2 000	1
4 000	23
6 000	164
8 000	392

Table II: Performance of Function 1 of VWC and VVC.

Penetration level, kW	Affected customers using:		% corrected customers	
	VWC	VVC	VWC	VVC
2 000	1	1	0.00	0.00
4 000	12	8	47.83	65.22
6 000	32	62	80.49	62.20
8 000	36	100	90.82	74.49

Table III: Daily energy curtailment resulting from VWC function 1.

Penetration level, kW	Energy curtailment			
	2 000	4 000	6 000	8 000
Maximum, kWh	22.50	47.98	58.06	72.53
Maximum, %	17.41	43.68	52.12	61.90
Average, %	4.02	6.29	8.34	9.89
Standard deviation, %	3.13	7.56	11.12	14.07

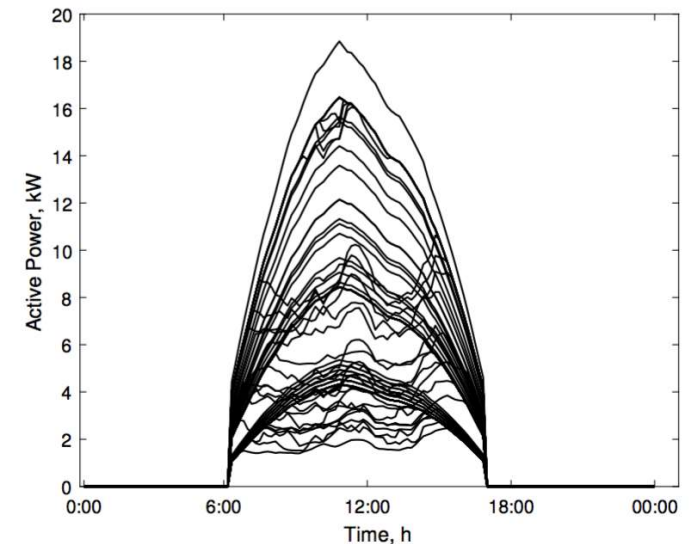
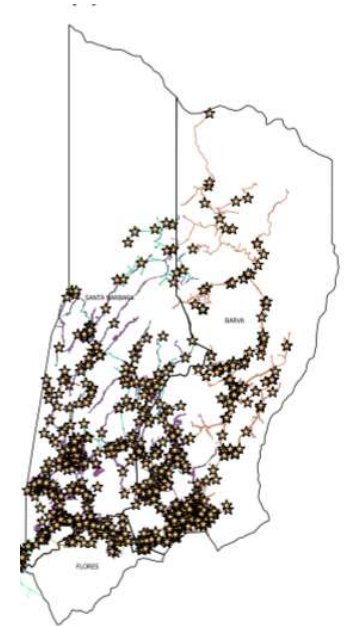
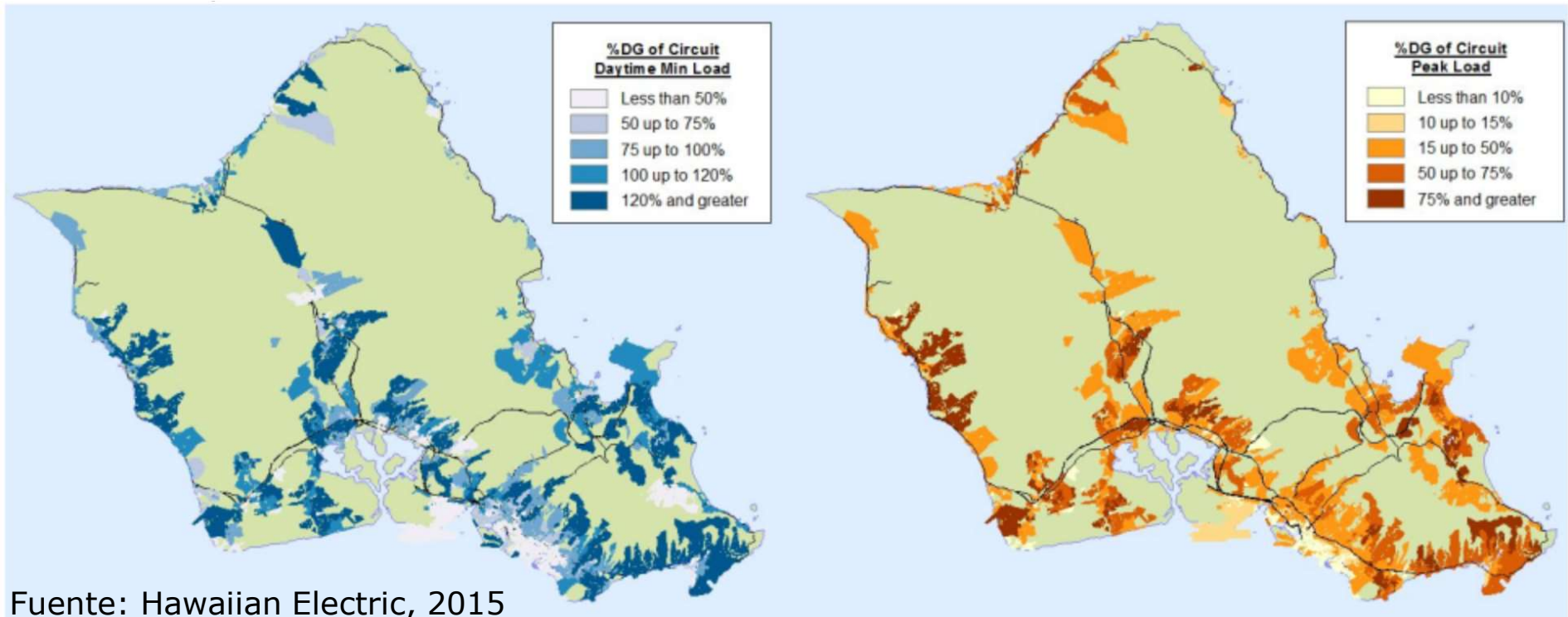


Fig. 7: Power curtailment in some of the PV systems.

M. Parajeles, J. Quirós y G. Valverde "Assessing the performance of smart inverters in large-scale DN with PV systems" in IEEE ISGT. Peru, 2017.



# Quién impulsó los cambios de IEEE 1547?



## Regla 21 y Regla 14H

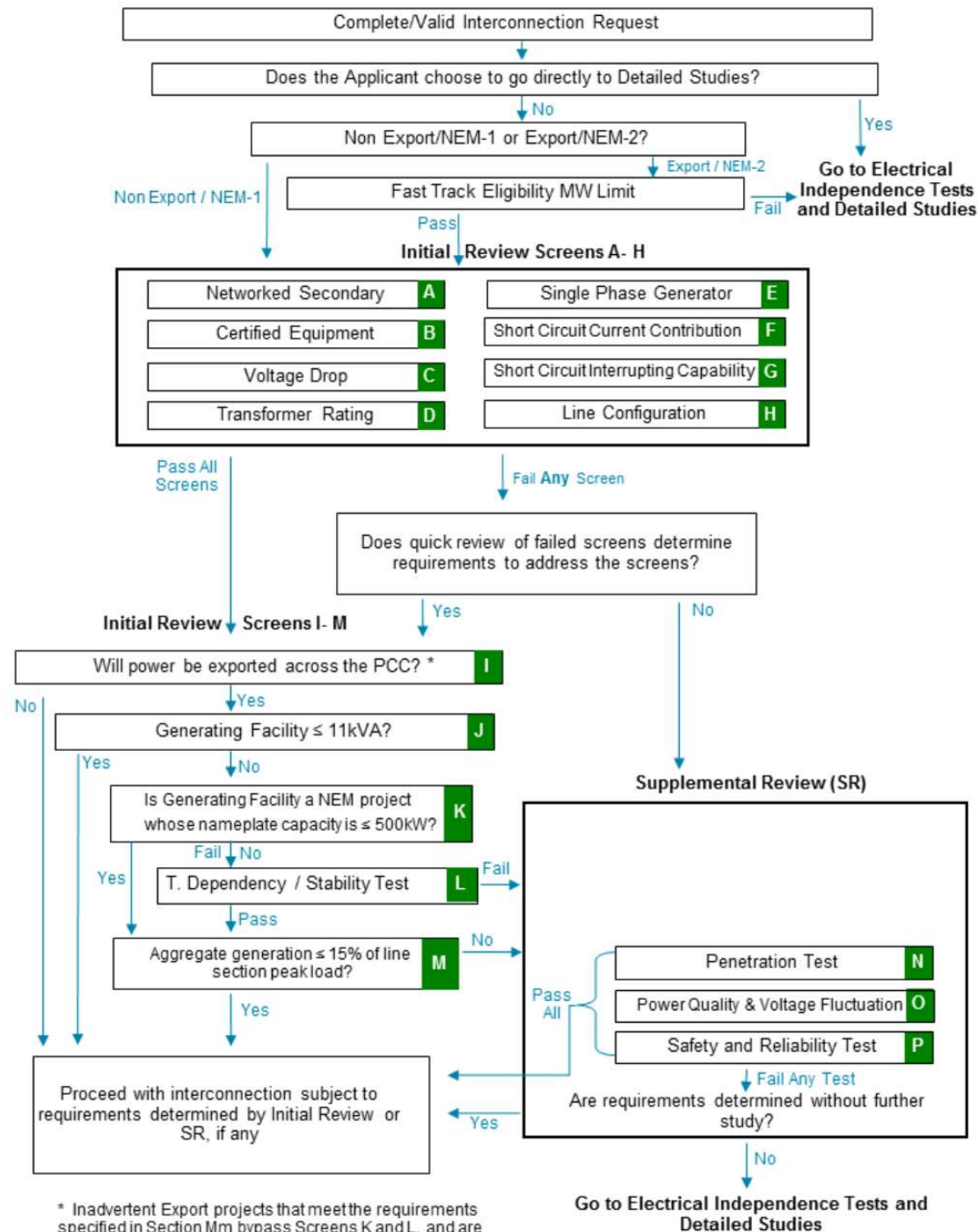
- California y Hawaii son estados con altos niveles de GD (principalmente fotovoltaica)
- IEEE 1547 se ha beneficiado de sus experiencias para actualizar la norma.
- La Regla 21 describe los requerimientos de interconexión, operación y medición de GD conectados en el sistema regulado por CPUC.
- La Regla 14H reglamenta la interconexión de generadores distribuidos al sistema eléctrico del operador en Hawaii.

## Regla 21 y el límite del 15%

- m. Screen M: Is the aggregate Generating Facility capacity on the Line Section less than 15% of Line Section peak load for all line sections bounded by automatic sectionalizing devices? (Cont'd.)
  - 2. The operating requirements for a high penetration of Generating Facility capacity may be different since the impact on Distribution Provider's Distribution System will no longer be minimal, therefore requiring additional study or controls.

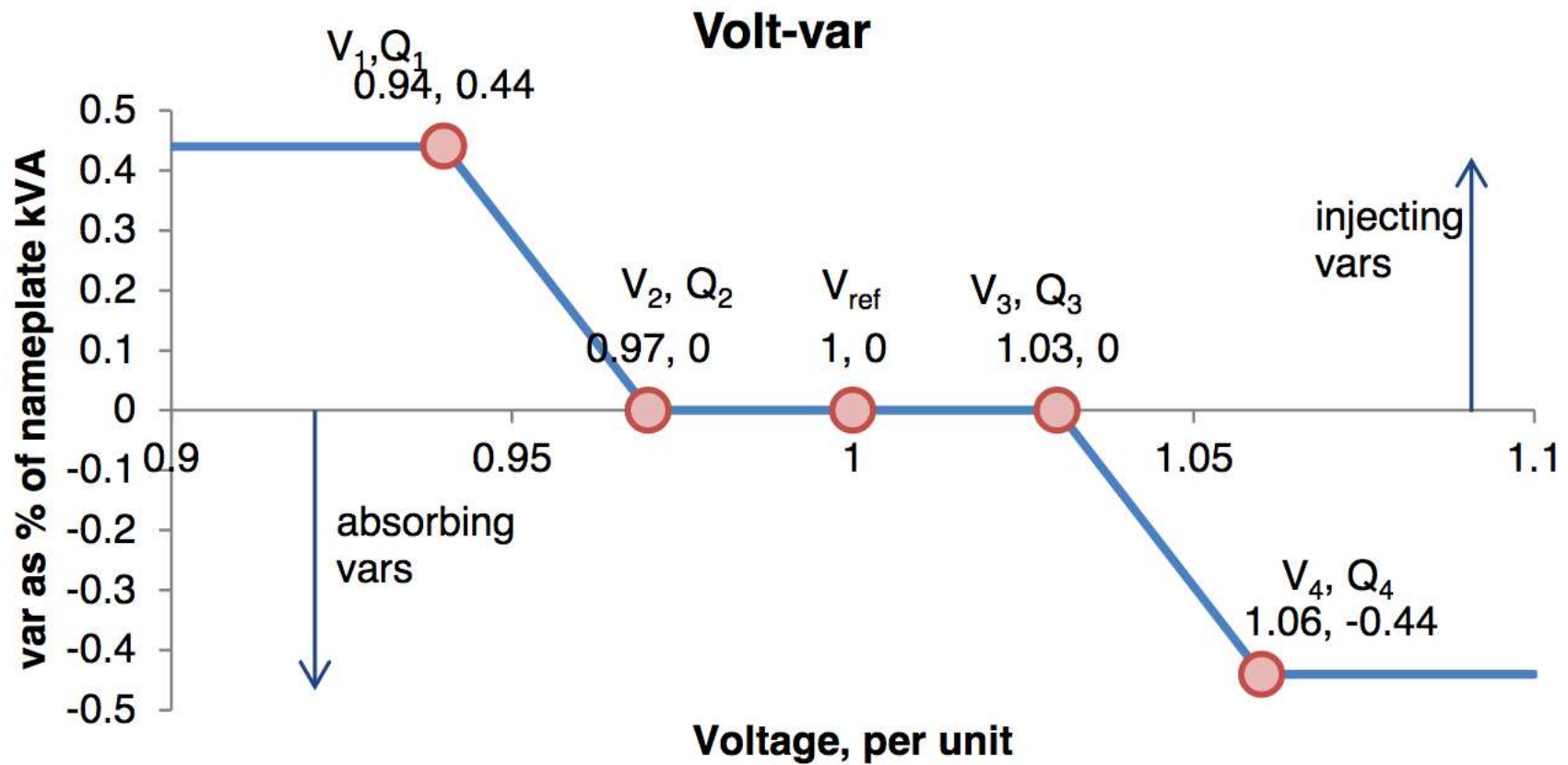
The purpose of this Screen is solely to identify if the Generating Facility needs additional study and is not intended as justification for limiting the penetration of generation on a line section.

# Regla 21

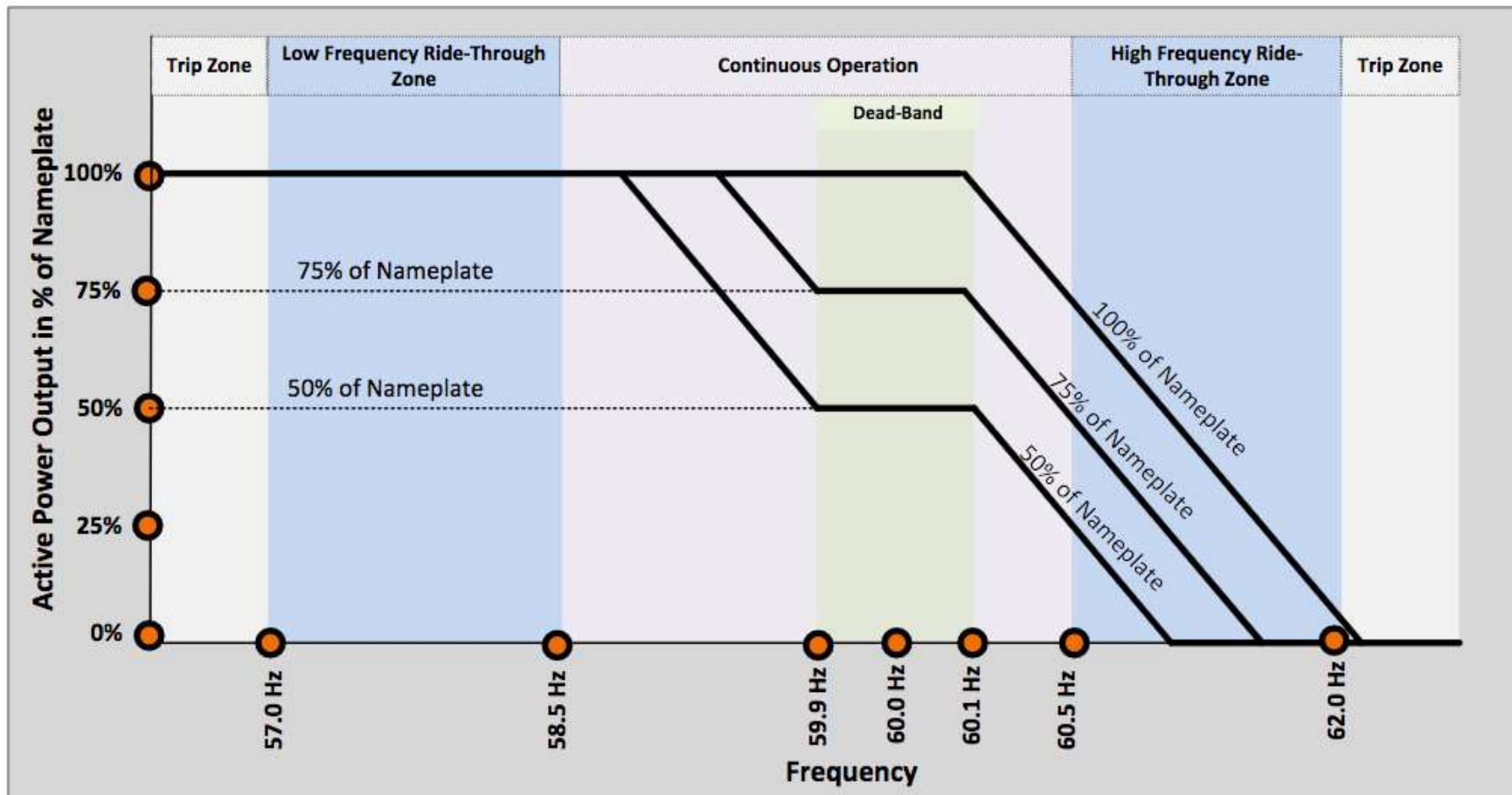


\* Inadvertent Export projects that meet the requirements specified in Section Mm bypass Screens K and L, and are processed under Screen M as described in Section Mm.

# Regla 21 y Regla 14H



# Regla 21 y Regla 14H



## Conclusiones

- El efecto PGR nos dejó huérfanos en términos de IEEE 1547
- ARESEP debe incluir los artículos de IEEE 1547 para salvaguardar o proteger la red de posibles efectos de GD
- El umbral del 15% no debe usarse para limitar la GD sino como referencia para iniciar estudios más detallados en el circuito respectivo
- A nivel internacional se utilizan inversores inteligentes para reducir el impacto de GD para autoconsumo. La inversión por parte de la distribuidora es prácticamente nulo.

# Normativa técnica y procedimientos para interconexión de GD

Escuela de Ing. Eléctrica

Dr. Gustavo Valverde Mora

[\*gustavo.valverde@ucr.ac.cr\*](mailto:gustavo.valverde@ucr.ac.cr)