



# Criterios de Interconexión para La Generación Distribuida

Julieta Giraldez, NREL  
Santo Domingo, 21 de Noviembre 2019

# Contenido

 **Criterios de Interconexion Simple y Suplementarios**

---

 **Estudios Detallados y de Capacidad de Alojamiento**

---

---

---

---

---

---

---

# Contenido

 **Criterios de Interconexion Simple y Suplementarios**

---

 Estudios Detallados y de Capacidad de Alojamiento

---

---

---

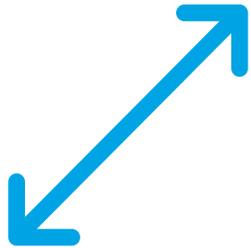
---

---

---

---

# Introducción



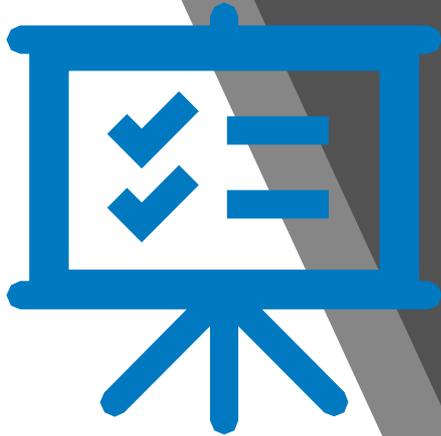
**Un proceso de interconexión claro y transparente es importante para asegurar que no se crean barreras artificiales para la expansión de la generación distribuida**



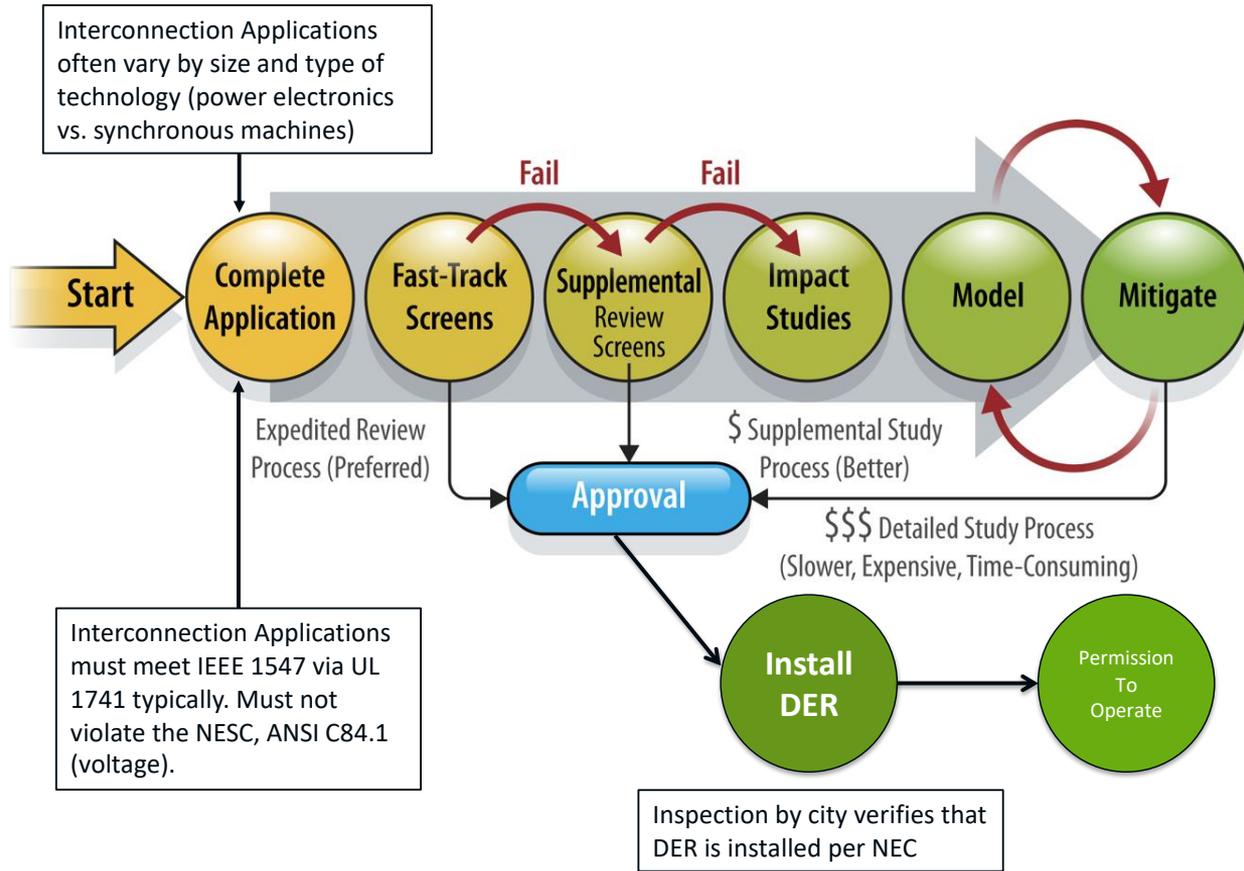
**EL concepto de filtros técnicos se desarrolló por la Federal Energy Regulatory Commission (FERC) en Estados Unidos en la publicación del Small Generator Interconnection Procedures (SGIP) en 2005 (FERC 2005)**

Se propusieron una serie de 10 filtros iniciales, incluyendo el filtro del “15% de penetración”

# Filtros de Via Rapida y Suplementarios

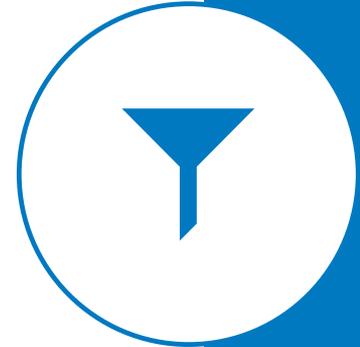


- La Orden de FERC 2005 se revisó en 2013, con la publicación de la FERC Order No. 792 (FERC 2013), en la que se especifica que si la solicitud falla cualquiera de los criterios de de interconexión simple debe pasar por criterios de evaluación suplementarios
- Esta nueva orden de 2013 de FERC se desarrolló como principal respuesta al problema que se empezaba a reconocer en regiones en las que el incremento en los niveles de generación solar distribuida empezaban a causar que un numero significativa de solicitudes comenzaran a fallar el criterio del 15%
- La comisión argumentó que el filtro debía ser reconsiderado para seguir facilitando la interconexión de numerosas solicitudes de usuarios en la vía rápida de interconexión



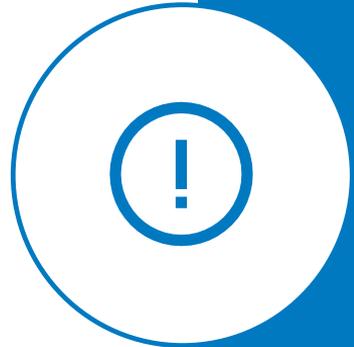
# Capacidad Agregada y Demanda del Circuito

- **Varía por jurisdicción y empresa de distribución, la aplicación todavía del filtro del 15% por ciento con filtros suplementarios o la eliminación de dicho filtro por completo y el uso de filtros iniciales mas elaborados**
- **En las jurisdicciones que todavía emplean el filtro del 15%**
  - El filtro aplica únicamente a generadores de mas de 10 KW
  - Tienen filtros mas elaborados en el proceso de interconexión simple específicos para generadores de menos de 10 kW
  - Tienen un filtro suplementario de penetración que falla si la capacidad agregada es superior a la demanda mínima de día



# Sobre el Filtro del 15%

- El filtro de 15% se baso en la idea de que problemas de anti-isla, tension, descoordinacion de sistemas de proteccion, etc., son insignificantes si la capacidad agregada de generacion es siempre menor al la demanda minima (~ 30% de la demanda pico)
- Numerosos estudios han demostrado que problemas técnicos como por ejemplo tensión alta en alimentadores pueden ocurrir a diferentes niveles de penetración
- El filtro del 15% es muy conservador en la mayoría de los alimentadores, pero también puede ser demasiado amplio dependiendo de la característica del circuito
- **La capacidad de acogida de generación distribuida no se correlaciona bien con la demanda del circuito**



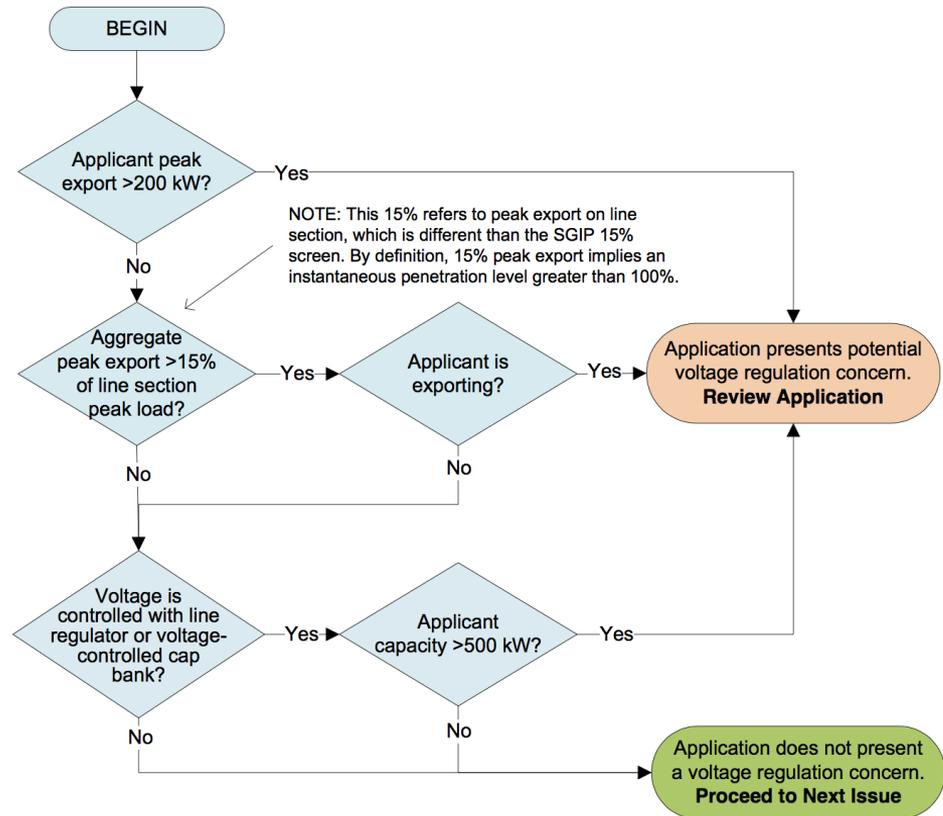
# Filtros Suplementarios

- Los tres filtros adicionales propuestos en el FERC 2013 son:
  - **Filtro de demanda mínimo:** ¿capacidad agregada en una línea es menos del 100% de la demanda mínima durante el día?\*
  - **Filtro de tensión y calidad de la energía:** 1) la tensión en la línea se puede mantener bajo límites aceptables y 2) las fluctuaciones de tensión se pueden mantener bajo niveles aceptables definidos en el Estándar IEEE 1453 (2% de fluctuación)
  - **Filtro de seguridad y confiabilidad:** la ubicación del generador y la capacidad agregada no crean impactos a la seguridad y confiabilidad que no se pueden resolver con un estudio de interconexión detallado

\*En otras regiones se usan límites > al 100% de la demanda mínima durante el día

# Filtro Suplementario de Tension

Ejemplo de filtros para la  
evaluacion del filtro  
suplementario de tension



¿Falla de 15%  
para sistemas  
residenciales?

- **Otros filtros proceso de interconexión simple para sistemas pequeños (en el orden de magnitud de los 10 kW) para decidir si la solicitud requiere o no pasar por los filtros suplementarios son:**
  - Numero de consumidores conectados al mismo transformador (por ejemplo si es mayor de 15)
  - La distancia entre el punto de interconexión del generador y el transformador (por ejemplo si es mayor a 45m)
  - El circuito de baja de tensión es suspendido (aéreo)
  - La tensión del circuito primario es igual o menor de 4kV
  - Capacidad agregada con respecto a la capacidad del transformador de servicio (por ejemplo, mayor de 160%)

# Inversores Inteligentes

- **El uso de inversores inteligentes es requisito ya en regiones de alta penetración de generación distribuida como Hawái, California, Alemania y Australia**
  - Las recomendaciones de las compañías eléctricas es que la activación de funciones de apoyo a la red se considere desde el principio ya que no supone ningún coste adicional al consumidor y es muy efectiva en reducir el impacto local de dicha generación
  - Listado de inversores inteligentes aprobados en CA<sup>1</sup> y HI<sup>2</sup> (estándar UL 1741 y IEEE 1747-2018)
- **Adaptar los inversores una vez instalados es a veces imposible por el contrato entre el consumidor y las empresas promotoras o requiere un incentivo por parte del gobierno (como en el caso de Alemania) para compensar los costos retro-adaptación**

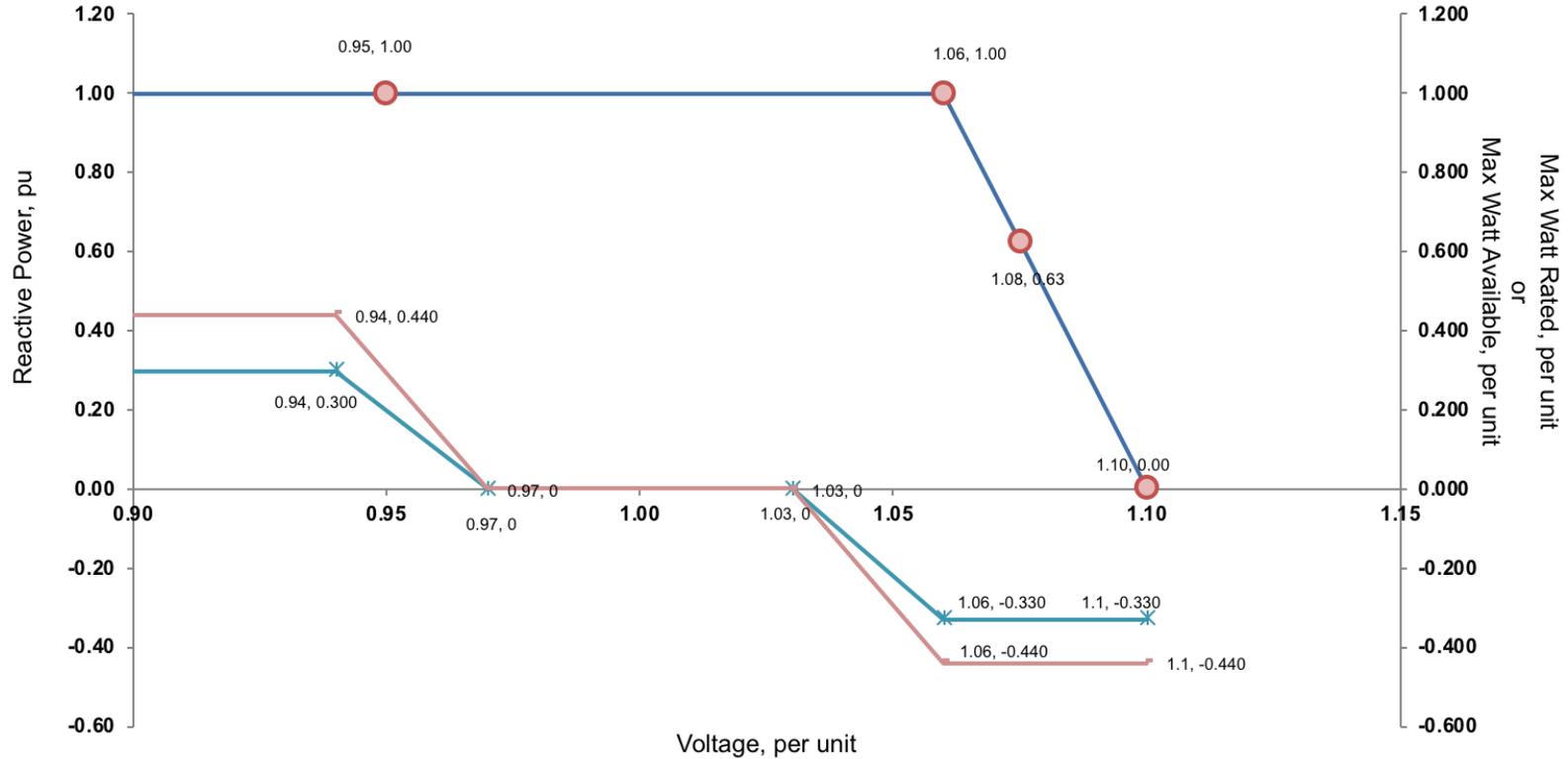
1. Listado de inversores aprobados en California: <https://www.gosolarcalifornia.ca.gov/equipment/inverters.php>

2. Listado de inversores aprobados en Hawái: [https://www.hawaiianelectric.com/documents/clean\\_energy\\_hawaii/qualified\\_equipment\\_list.pdf](https://www.hawaiianelectric.com/documents/clean_energy_hawaii/qualified_equipment_list.pdf)

# Regulación de tensión

- **Los inversores pueden controlar potencia activa y potencia reactiva**
  - La absorción de potencia reactiva tiene el efecto de reducir la tensión, sin impactar (o con un impacto mínimo) en la generación de potencia activa, y por lo tanto es el modo preferido
  - El recorte de potencia activa también reduce la tensión local, pero afecta directamente a la generación del consumidor, y por lo tanto se recomienda usar este método solo cuando la tensión es muy alta y la absorción de potencia reactiva no soluciona la sobretensión
- **Hay dos modos en los inversores inteligentes de absorber potencia reactiva**
  - El primero es usando un *factor de potencia diferente a la unidad*: absorbe potencia reactiva en proporción a la producción de potencia activa
  - El segundo modo es usando el *control volt-var*: la potencia reactiva se modula en proporción al desvío de tensión, y así el inversor absorbe potencia reactiva cuando la tensión es alta, y produce potencia reactiva cuando la tensión es baja
- **Para el recorte de potencia activa, se usa el *modo volt-watt* en el que la potencia activa se recorta de manera proporcional al desvío de tensión**

### Volt-Var and Volt-Watt Curves



La curva de volt-var se suele programar con una banda inactiva en la que no se absorbe ni se produce potencia reactiva

\* V-V Moderate CA   
 — V-V Moderate HI   
 —○— V-W Moderate

# Diferencia entre la Regulación de RD y las Mejores Practicas en EE. UU.



No hay un proceso de via rapida para sistemas de ~10 kW



No se definen filtros suplementarios si no estudio detallado

No se usa la demanda mínima de día para el limite de penetración como alternativa



No se ofrece agrupación de generadores que requieran estudios detallados y mejoras del sistema



No se consideran mejoras en base a una serie recomendada de mejoras al sistema de distribución



No se usan inversores inteligentes para todos o unicamente las solicitudes que fallen los filtros de interconnexion simple y suplementarios

# Contenido

■ Criterios de Interconexion Simple y Suplementarios

---

■ **Estudios Detallados y de Capacidad de Alojamiento**

---

---

---

---

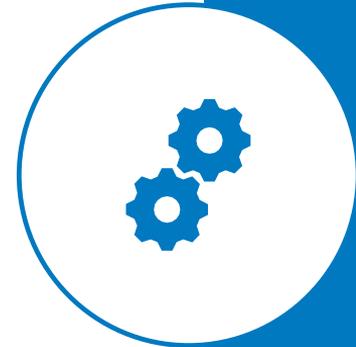
---

---

---

# Estudios de Interconexión Detallados

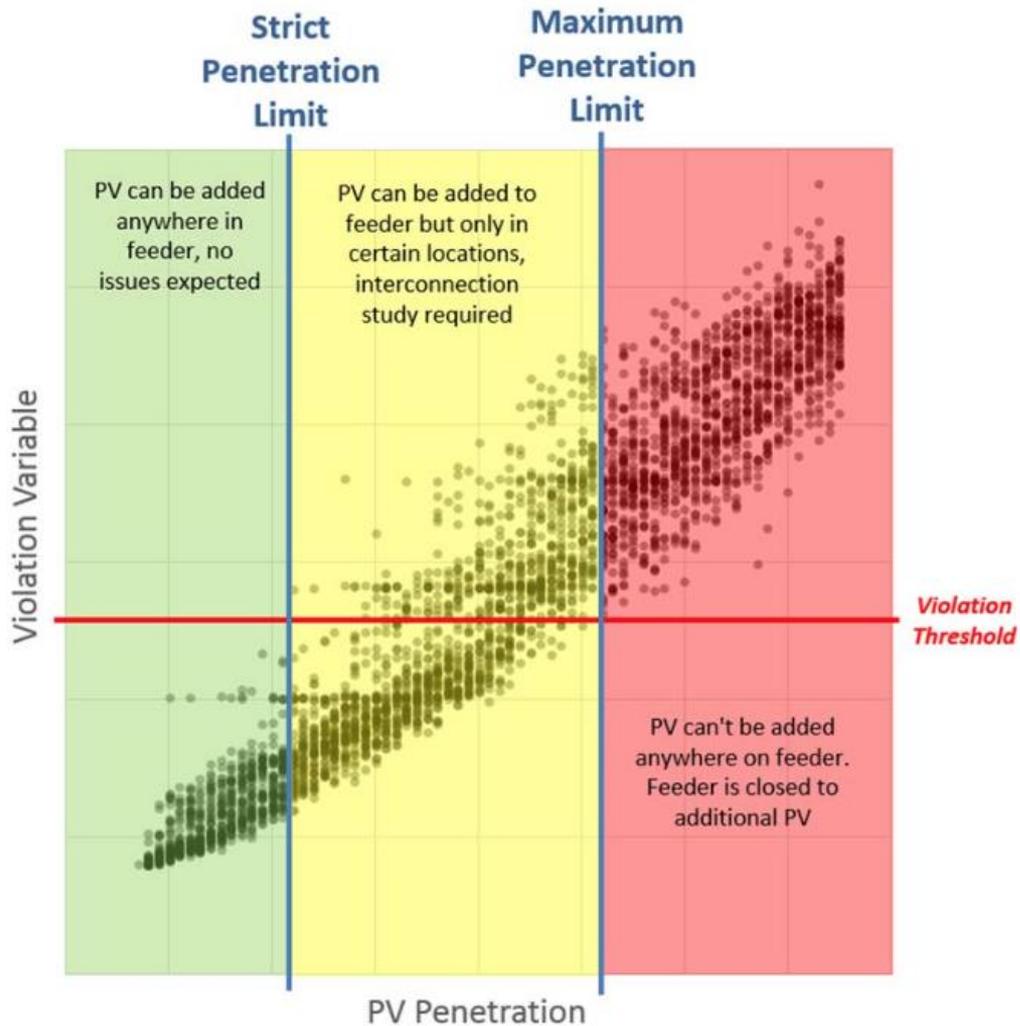
- **Varía por distribuidora la capacidad limite para estudio de interconexión detallado (de sistemas de capacidad mayor a 20 kW a 20 MW), así como el tipo de análisis requerido en dicho estudio**
- **La mayoría de las distribuidoras requieren estudios detallados para sistemas de capacidad superior a 250 kW, o sistemas que hayan fallado los filtros de interconexión simple y suplementarios**
- **Dentro de los análisis que se realizan, también varía el tipo de análisis según la capacidad del generador distribuido:**
  - Análisis de flujo de potencia estático
  - Análisis de flujo de potencia de serie temporal
  - Análisis de cortocircuito
  - Análisis dinámico o transitorio



# Estudio de Capacidad de Alojamiento

- **Este estudio requiere un modelo del circuito de distribución y sigue los siguientes pasos:**
  - Asignar nueva ubicación de generación solar distribuida de manera aleatoria hasta llegar a una capacidad agregada de penetración
  - Cuando un nuevo generador solar distribuido se añade al modelo, se comprueba el incumplimiento de sobretensión, sobrecarga térmica, flicker y flujo inverso
  - El proceso de asignación aleatoria se repite un número de veces para cada nivel de capacidad agregada de penetración para construir un conjunto de resultados estocásticos
  - Se repite el proceso de asignación aleatorio y evaluación de incumplimiento de impactos para el siguiente nivel de penetración de capacidad agregada de generación solar distribuida





- Cada punto representa una ubicación aleatoria de generación distribuida correspondiente a una penetración agregada en el eje horizontal
- El punto mas alto en la vertical es el incumplimiento mas alto para esa ubicación
- Si el punto esta localizado por encima del limite de incumplimiento (“Violation Threshold”) representa una ubicación problemática
- El limite de penetración “estricto” ocurre en el punto en el que todas las asignaciones aleatorias están por debajo del limite de incumplimiento
- El limite de penetración “máximo” ocurre en el punto en el que todas las asignaciones aleatorias están por encima del limite de incumplimiento



Proyecto “SUNRISE”  
del Departamento  
de Energía de EE.  
UU. y Pepco  
Holdings

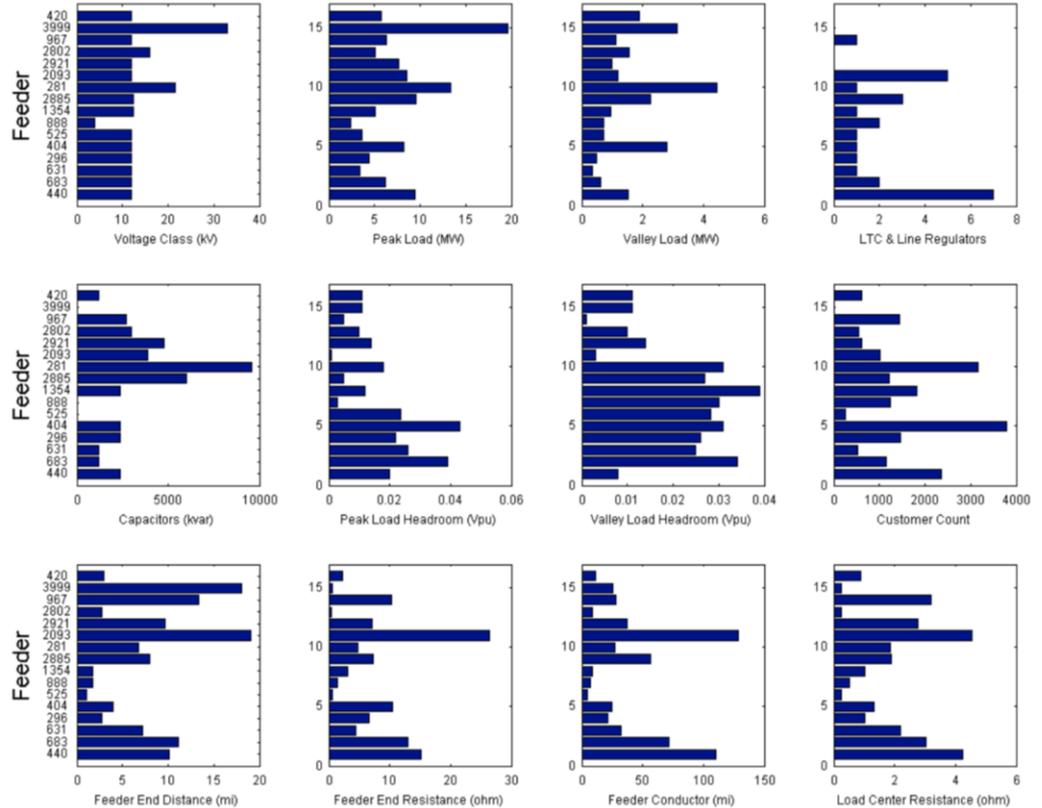
- **Pepco Holdings se enfocó en una muestra de 20 circuitos de la distribuidora en las regiones de Delaware, Maryland y New Jersey**
  - La selección de los circuitos se hizo para capturar diversas configuraciones, número de consumidores, tensión primaria y otros factores
  - Se desarrolló un modelo de power flow para cada uno de los circuitos usando el software DEW de la compañía Electrical Distribution Design

# Enseñanzas

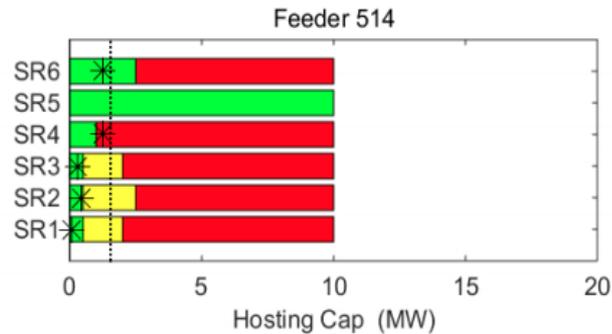
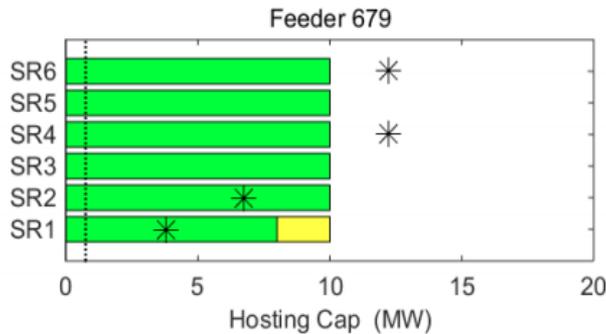
- **La capacidad de acogida de un circuito a otro varia en la infraestructura, en la utilización del circuito, tipos de carga, etc., y es difícil generalizar los resultados**
- **La inversión en las mejoras al sistema de distribución se puede orientar a circuitos que tengan mayor disponibilidad para hacer dichas mejoras**
- **Los estudios de capacidad de acogida son herramientas útiles para informar a los solicitantes y promotores de proyectos sobre los circuitos que tienen mayor capacidad de acogida**
  - Aunque dicha capacidad de desarrollar estudios de acogida lleva tiempo y es costosa, es una inversión útil
- **Se puede incrementar la capacidad de acogida a un coste razonable**
  - Mientras que estas inversiones se ven sometidas a revisión por una comisión regulatoria ya que puede impactar a todos los consumidores, los costos se pueden justificar en zonas donde haya gran demanda de solicitudes
- **Sistemas avanzados de comunicación y control a sistemas de regulación de tensión puede incrementar considerablemente la capacidad de alojamiento**

# California Solar Initiative

- El objetivo del proyecto era el de desarrollar filtros que aplicaran a la mayoría de los circuitos
- Se caracterizaron 8,163 circuitos de distribución
- Se agruparon seleccionando 22 circuitos representativos
- Se reservaron 6 circuitos para comprobar los filtros de interconexión simple y suplementarios propuestos



# Enseñanzas



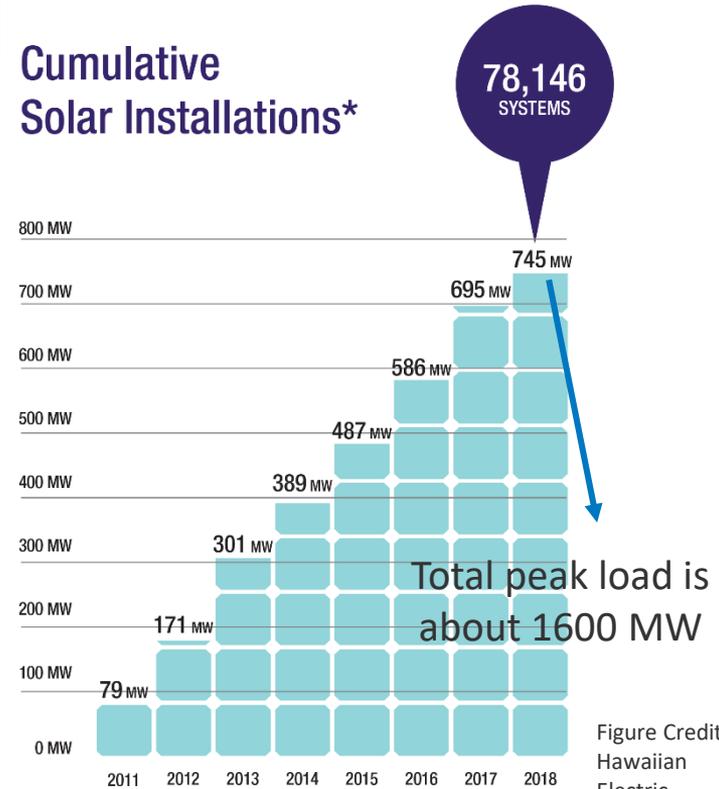
SR6: Coordinacion del Fusible-Interruptor  
SR5: Fallo de Interrupcion  
SR4: Reduccion del Alcance Interruptor  
SR3: Corriente de Corto  
SR2: Fluctuacion de Tension  
SR1: Sobretenion

- El circuito 679 no tiene reguladores de línea, y demuestra que la capacidad de acogida esta por encima del 15% de capacidad agregada
- El circuito 514 si que tiene un regulador de tensión de línea, y la capacidad de acogida esta por debajo del 15% de penetración

# Hawai'i

- Highest distributed PV capacity of any state (as percentage of load)
  - ~50% of peak load
  - High electricity costs for geographic reasons
  - Historical PV incentives
- First state to mandate a 100% renewables goal (100% by 2045)
  - Distributed PV will play a major role due to land constraints
- Peak island-wide inverter penetrations of 50%-80% in 2018 (depending on island)

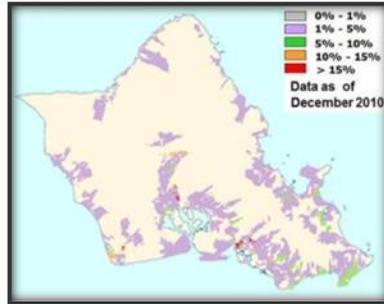
## Cumulative Solar Installations\*



\*Systems installed or approved

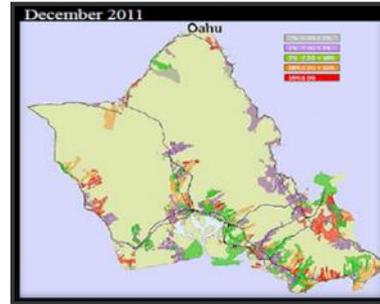
Figure Credit:  
Hawaiian  
Electric  
Companies

# Penetración de DG en Hawaii



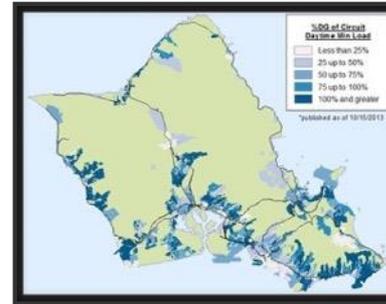
2010

Muchos circuitos > **1%**  
Demanda Minima Durante el Día\*



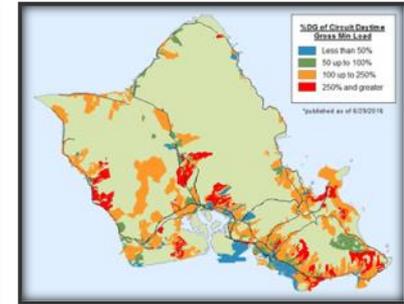
2011

Muchos circuitos > **15%**  
Demanda Minima Durante el Día



2013

Muchos circuitos > **100%**  
Demanda Minima Durante el Día



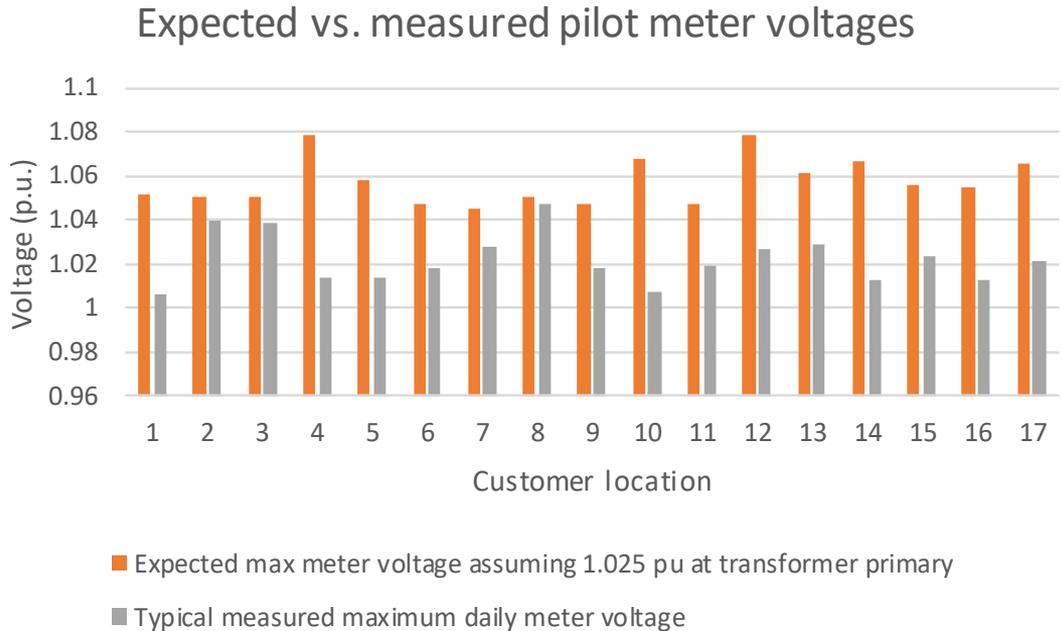
2016

Muchos circuitos > **250%**  
Demanda Minima Durante el Día

\*Demanda Minima de Día sin Generación Solar

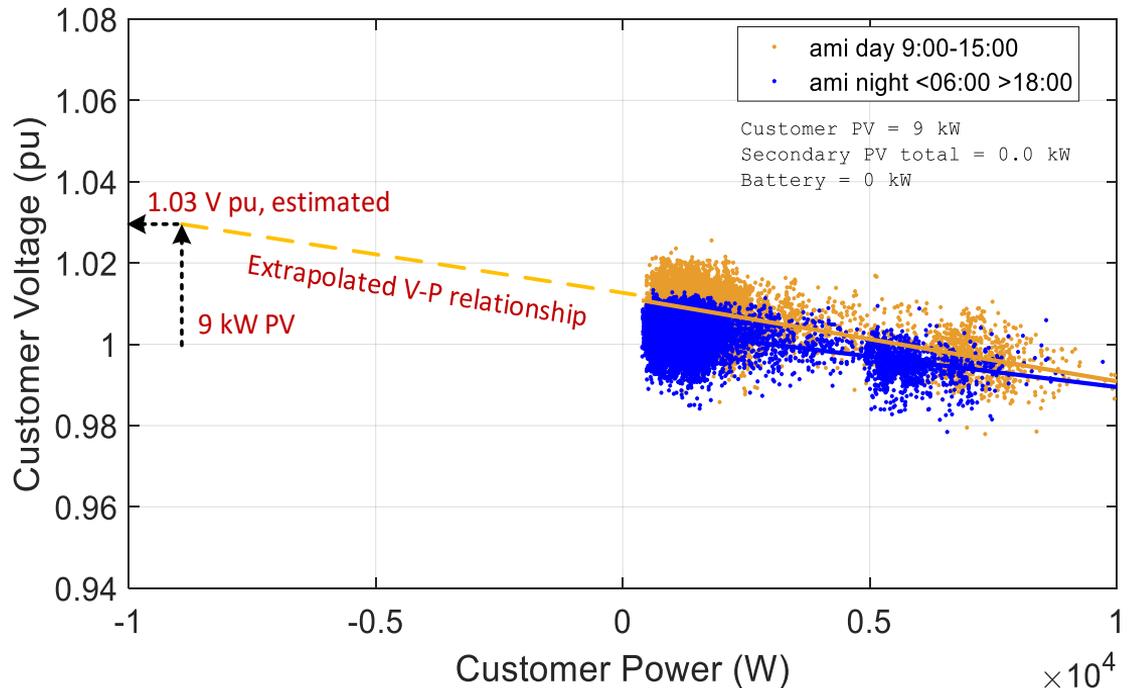
# Field pilot: Expected vs measured voltages

- Measured max voltages consistently lower than expected from detailed screen
- Distribution planners do not have information needed to accurately predict customer voltages; must make assumptions
- Leads to more systems than necessary being identified as problems
- Is there a better way?



# BPI: Predicting voltage issues before DER is installed

- Analyze AMI data to estimate relationship between power and voltage
- Extrapolate to negative power (PV export) to predict voltage rise
- Flag problem locations for mitigation
- Simple example shown here; reality is more complex
- HECO working with NREL to develop analytics for early identification of problem locations



# ¡Gracias!

---

[www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)

[Julieta.giraldez@nrel.gov](mailto:Julieta.giraldez@nrel.gov)

