

# Introducción a la Planificación de Sistemas de Electricidad

**Agustín J. Ros**

Director del Grupo Brattle y Profesor Adjunto de la Universidad  
Brandeis

**Karl McDermott**

Universidad de Illinois en Springfield

**Sesión de Facultad, 1ra Reunión Colaborativo de Energía  
San Juan Puerto Rico, 19 de julio de 2018**

Traducción al Español

# Temas

---

- Fundamentos de la Planificación Integrada de Recursos (IRP por sus siglas en inglés) y sus Implicaciones
- Costos Comparativos de la Tecnología para Generación de Electricidad
- IRP y las Implicaciones de las Normas de la Cartera de Energía Renovable
- Rol de las Fuentes de Energía Distribuida, de la Respuesta de Demanda y de la Eficiencia Energética

# ¿Qué es un Plan Integrado de Recursos (IRP)?

La Planificación Integrada de Recursos (IRP) toma diversas formas a través de las diferentes jurisdicciones

- El proceso a través del cual los servicios públicos regulados planean cubrir los picos anuales pronosticados y las demandas energéticas **al menor costo posible**, proponen soluciones a los reguladores, y obtienen aprobación para las inversiones a través de procesos del público interesado.

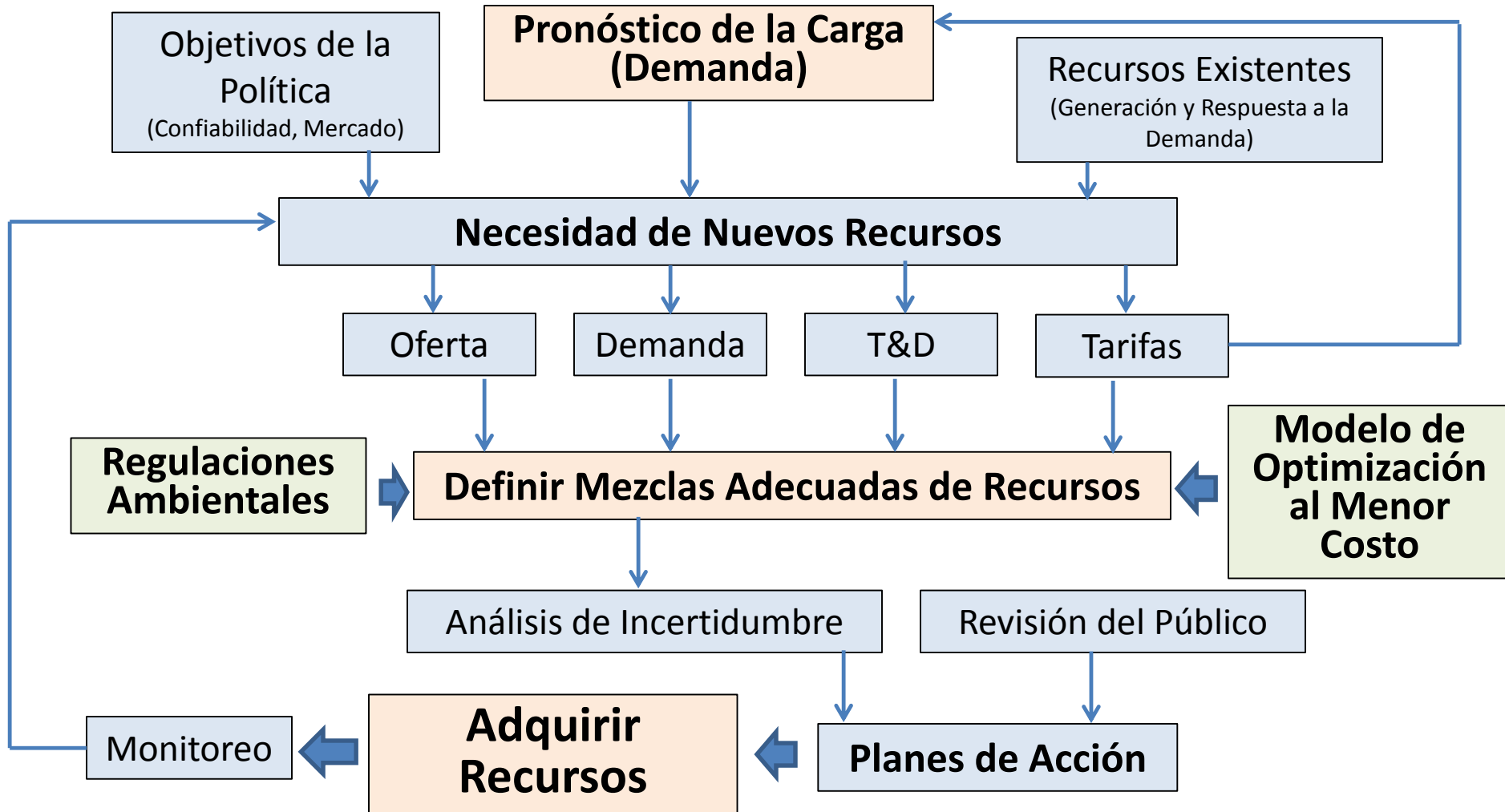
## Ley 57-2014 de Puerto Rico § 1.3(ee)

- Un plan que considera todos los recursos razonables para satisfacer la demanda energética durante un período específico, incluyendo aquellos relacionados con la oferta de electricidad, ya sea existentes, tradicionales, o de nuevos recursos, **y aquellos relacionados con la demanda energética, como es el caso de la conservación y la eficiencia de electricidad, o respuesta a la demanda y generación de electricidad localizada por parte del cliente**

## Comisión Energética de Puerto Rico, Caso No.: CEPR-AP-2015-002, ¶ 30

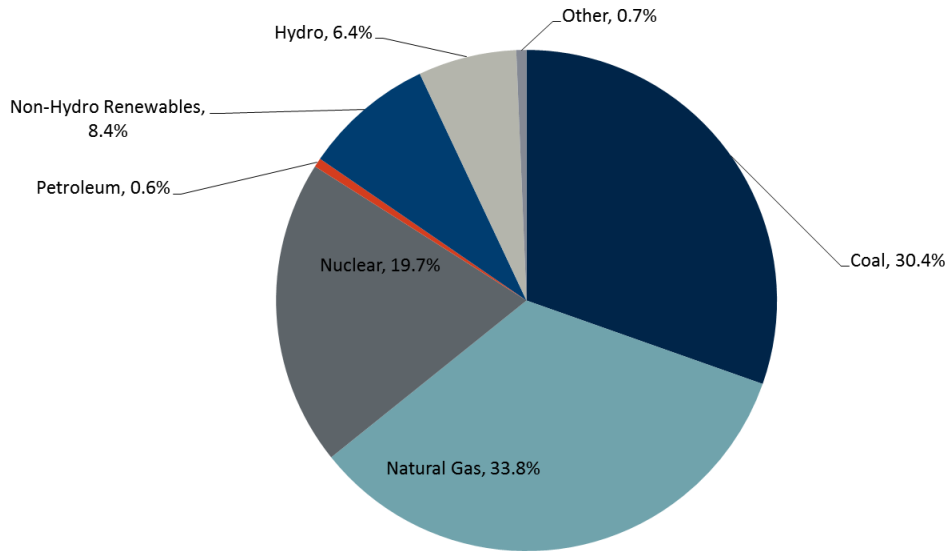
- Para Puerto Rico, el objetivo, en resumen, es el de **reemplazar las viejas y costosas plantas con opciones de costos más bajos**: plantas más eficientes, recursos renovables, eficiencia energética, respuesta a la demanda y tecnologías de generación distribuida—algunas de las cuales empoderan a los consumidores para administrar sus propios costos, reduciendo todos estos, los daños ambientales, así como la exposición de los clientes a la volatilidad del precio del combustible.

# Elementos Clave de la Planificación Integrada de Recursos: Diagrama de Flujo



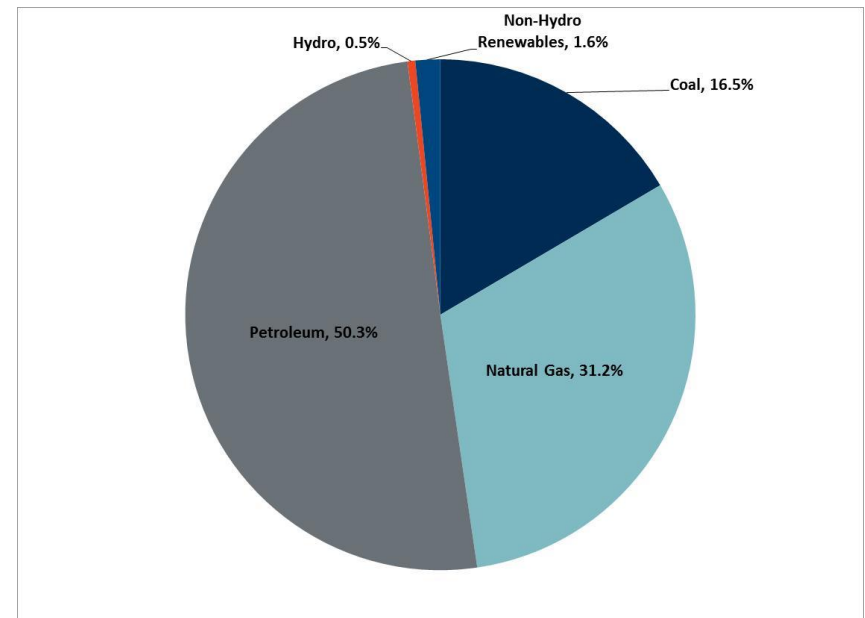
# Importancia de la Planificación Integrada de Recursos...

Portfolio de Generación EUA



Fuente: EIA Electric Power Monthly. Los datos reflejan totales del 2010 para la industria de la electricidad.

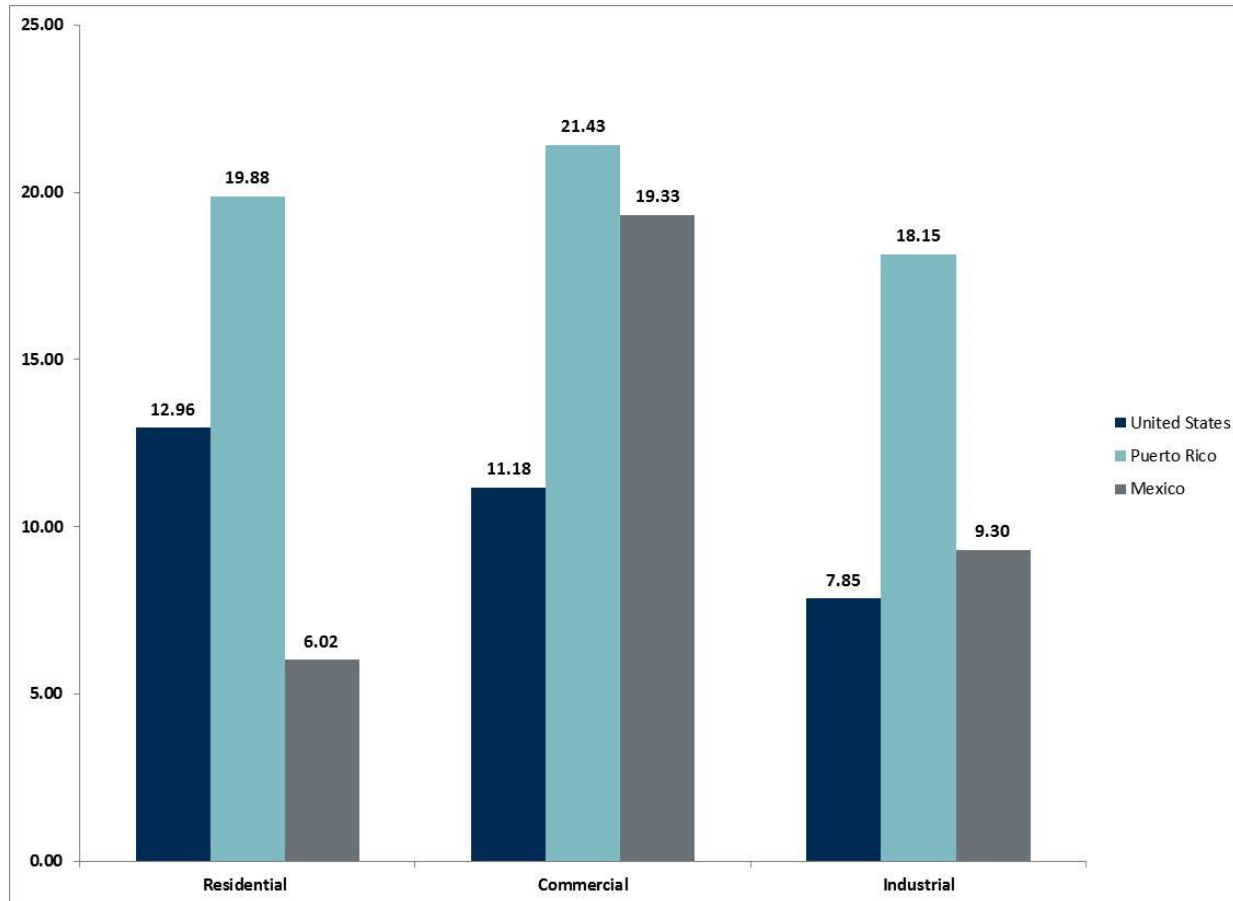
Portfolio de Generación de Puerto Rico



Fuente: Comisión Energética de Puerto Rico, Caso No.: CEPR-AR-2015-002, Capítulo II y Reporte de Siemens PTI Número: R054-15, Plan Integrado de Recursos Volumen I: Carteras de Oferta y Análisis Futuro, Agosto 17, 2015 Sección 3

...IRP juega un rol fundamental para determinar la mezcla actual de la cartera de los servicios públicos

# Evaluación Comparativa de los Precios de Electricidad en Puerto Rico (centavos de Dólar por kWh)...



*Fuente: para EUA: SNL; para Puerto Rico: EIA; para México: SENER, SIE*

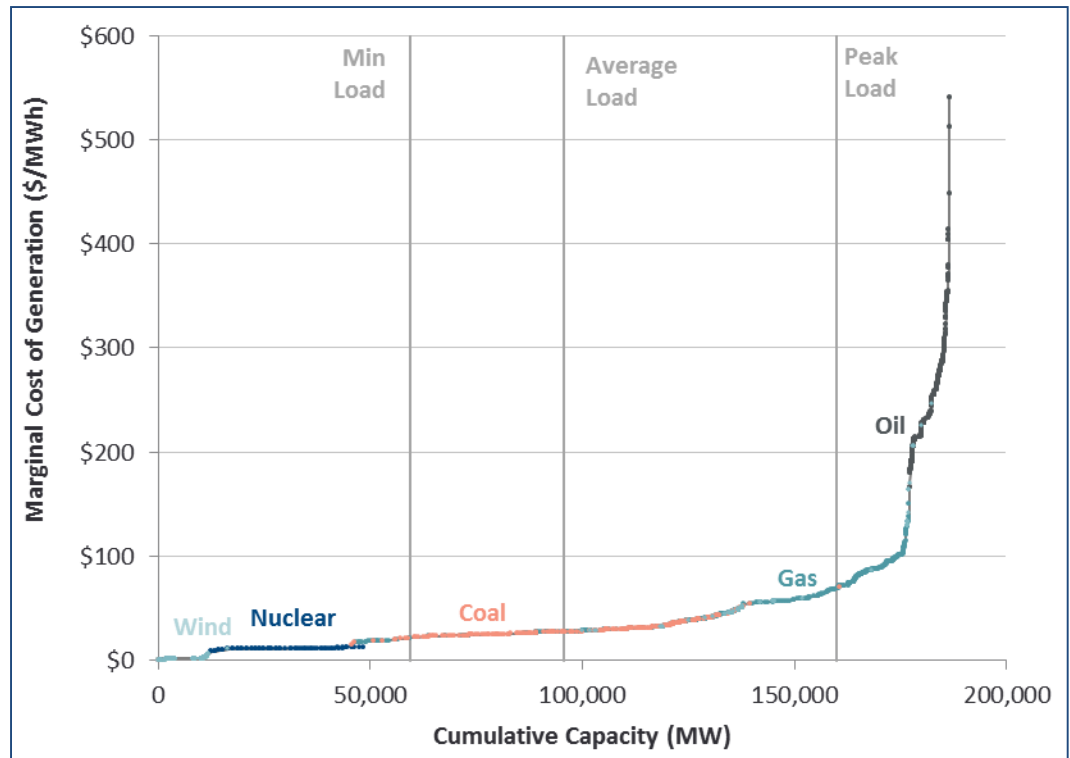
...una mezcla de la cartera de generación de servicios públicos eléctricos afecta significativamente los precios de la electricidad

# El IRP clasifica y selecciona las opciones tecnológicas de menor costo hasta que se cubra la demanda pico presupuestada

## Generadores importantes del precio de electricidad:

- Precio de combustible, siendo el precio de gas el principal generador en EUA
  - **Costos marginales de los renovables son bajos**
- Precio de emisiones, incluyendo CO<sub>2</sub> y contaminantes convencionales
- Cambiar la mezcla de la oferta (especialmente incrementar penetración de renovables)
- Margen de reserva

Curva de Abasto 2017 de PJM (invierno)

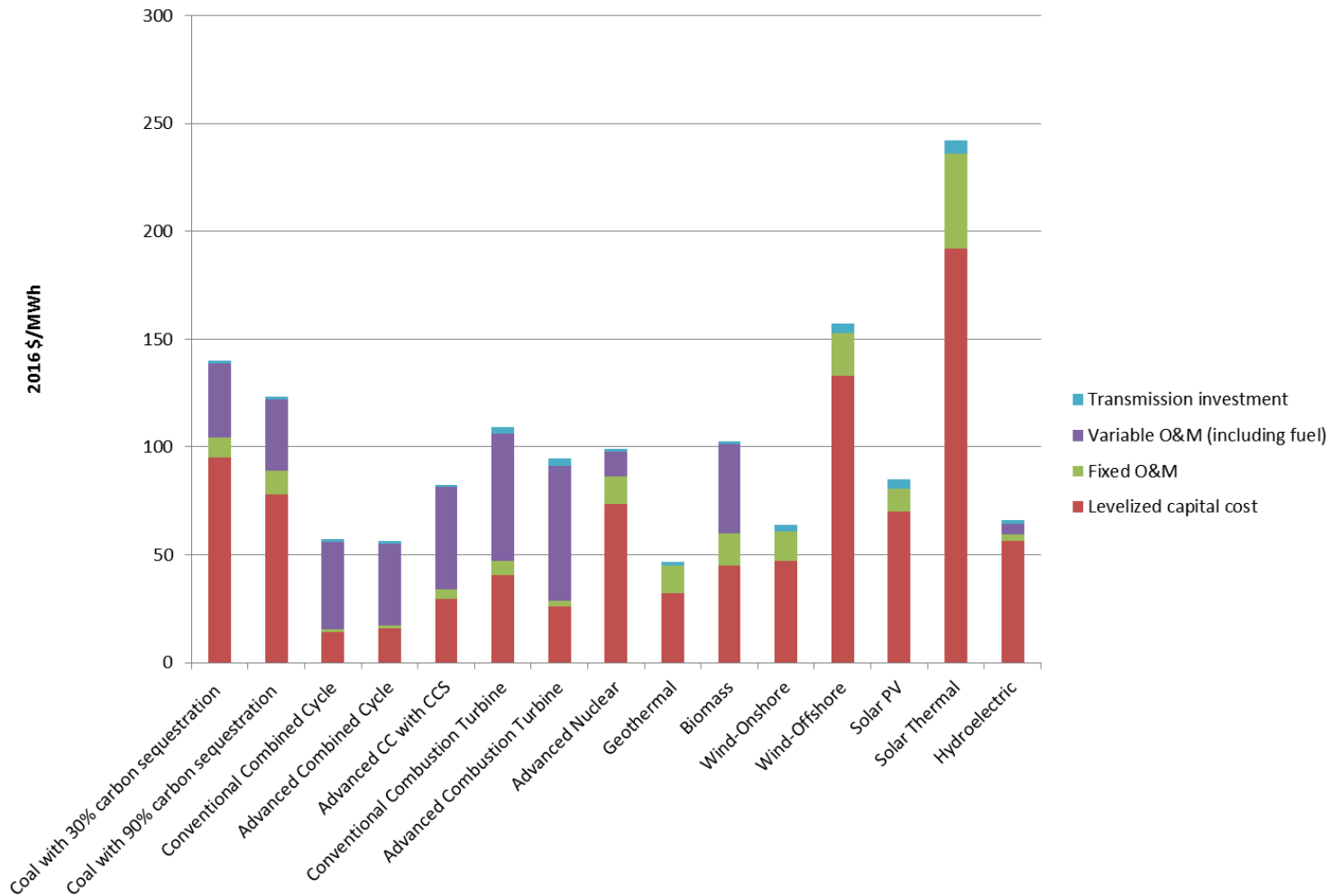


### Notas:

Precio promedio del carbón es \$2.78/mmBtu. Precio promedio del petróleo es \$20.83/mmBtu. Costo marginal es la suma del costo de Combustible, Operación y Mant. Variable, y Emisiones por unidad (obtenido de los datos de Capacidad de la Unidad Generadora Ventyx). La capacidad acumulada de verano representa ambas estaciones. Para plantas de gas, el precio del combustible es el promedio de verano y de enero en adelante respectivamente para 2017. Se muestra la Carga Mínima, Promedio y Pico para 2017. Se ha considerado en las curvas de verano e invierno, el precio de subasta de marzo 2015 del – Iniciativa Regional Contra los Gases de Efecto Invernadero (RGGI por sus siglas en inglés) CO<sub>2</sub>. La capacidad instalada solar y de viento se redujo por los niveles de capacidad de crédito. Se contabilizan los retiros y nuevas construcciones que están actualmente siendo construidas. Se infla el precio del petróleo de los precios actuales a los precios del 2017.

# Comparando los Costos *Totales* por Tecnología

Est. Levelized Costs of New Electricity Generating Technologies in 2022



Nota: Los valores del Costo Nivelado de Energía (LCOE por sus siglas en inglés) solo debieran considerarse como una medida inicial de evaluación ya que no consideran la dinámica de valores o sistemas.



# Factores que Contribuyen a Complicar la Situación

---

## Políticas e Incertidumbre de Tecnología

- Restricciones del carbón
- Precios del gas natural
- Costos renovables y políticas
- Proyecciones de cargas futuras y el rol de la eficiencia energética
- Finalización de plantas nucleares y de captura y almacenamiento de carbón (CCS por sus siglas en inglés)

## ¡La transmisión y otros factores operacionales que complican la situación son muy importantes!

- Restricciones de transmisión
- Restricciones por incrementos graduales
- Costos de arranque y tiempos mínimos de ejecución
- Generación distribuida

# Contratación de Recursos por Servicios Públicos Regulados

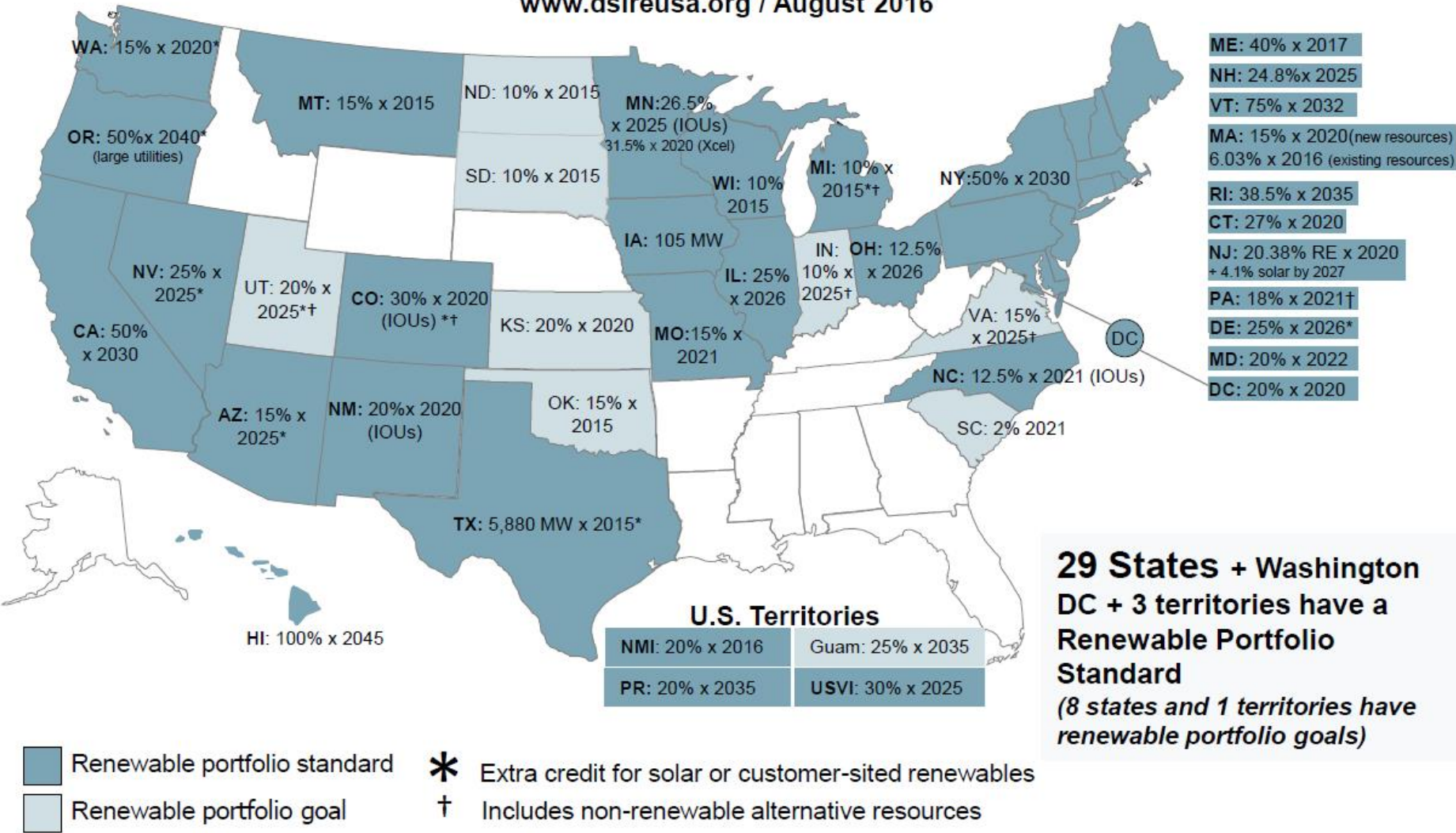
---

**Los servicios públicos regulados han dado cabida durante varias décadas a políticas estatales y federales en un marco de “menor-costo” para la contratación de recursos**

- Un enfoque de “menor-costo” en el caso de contratación de recursos, busca los costos del sistema total durante todo el período de planeación, pero las políticas del gobierno pueden exigir la contratación de recursos que no necesariamente sean a “menor-costo”
  - Las normas de carteras renovables (RPS por sus siglas en inglés) son políticas estatales que requieren que los servicios públicos obtengan un porcentaje mínimo de ventas de generación renovable
  - La Ley de Políticas Regulatorias para Servicios Públicos (PURPA por sus siglas en inglés) es una ley federal que entró en vigor en 1978 el cual obliga a un servicio público a comprar energía de ciertas “instalaciones calificadas” a costo evitado
- **Los renovables históricamente han sido más costosos que las fuentes de energía convencional como el carbón, pero las economías significativamente mejoradas han llevado las compras de renovables de servicios públicos aun si se cubrieron tiempo antes los requerimientos de las Normas de las Carteras Renovables (RPS por sus siglas en inglés)** (el actual aumento en contratación de renovables es el resultado de economías de renovables significativamente mejores en comparación con otras alternativas)

# Cartera de Energia Renovable en E.U. (RPS en ingles)

www.dsireusa.org / August 2016



**29 States + Washington DC + 3 territories have a Renewable Portfolio Standard**  
(8 states and 1 territories have renewable portfolio goals)

# Los Recursos de Energía Distribuida (DERs) se Vuelven Incrementalmente Importantes en IRP...

---

**Los Recursos de Energía Distribuida (DERs) son recursos que están localizados en el sistema de distribución:**

- Tecnología Fotovoltaica (PV por sus siglas en inglés)
- Viento
- Micro turbina
- Pequeños hidro-generadores u otros generadores renovables
- Almacenaje
- Micro-redes
- Eficiencia Energética (EE) y Respuesta de Demanda (DR por sus siglas en inglés)

**...Los DERs necesitan considerarse en el presupuesto de demanda de la IRP y los DERs también pueden ser incorporados a la IRP como opción de respuesta a la demanda a “costo-menor” para cubrir la carga presupuestada**

# Características de los DERs

---

**La característica singular de los DERs es su ubicación en el sistema de distribución, que les permite:**

- Reducir o retrasar la inversión de distribución o transmisión.
- Administrar los voltajes de los niveles de distribución.
- Reducir el desgaste de los transformadores reduciendo el número de cambios de tomas.

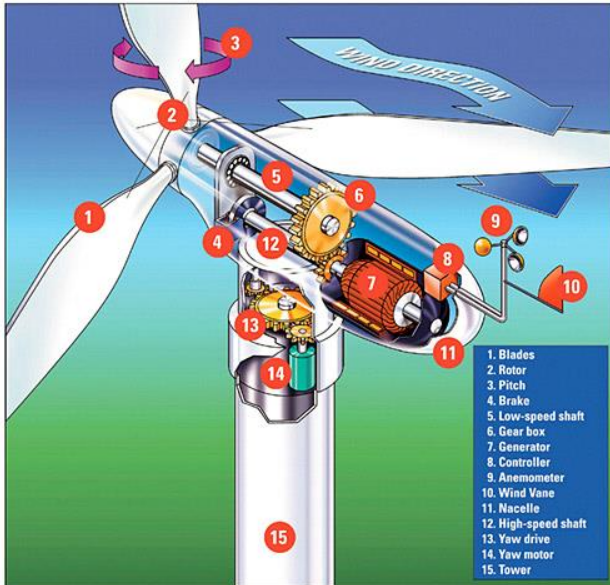
**Si se encuentran estratégicamente localizados, los DERs pueden tener un valor significativo. Solo hay pocos ejemplos, que se describen más adelante en esta presentación:**

- Programa de Administración de Demanda Respuesta de Demanda Brooklyn Queens
- Proyecto de Puget Sound's en la Isla Bainbridge
- Proyecto Field, BC
- Almacenaje de Baterías Oncor
- PG&E Angel Island
- PG&E Chico
- PG&E Huron

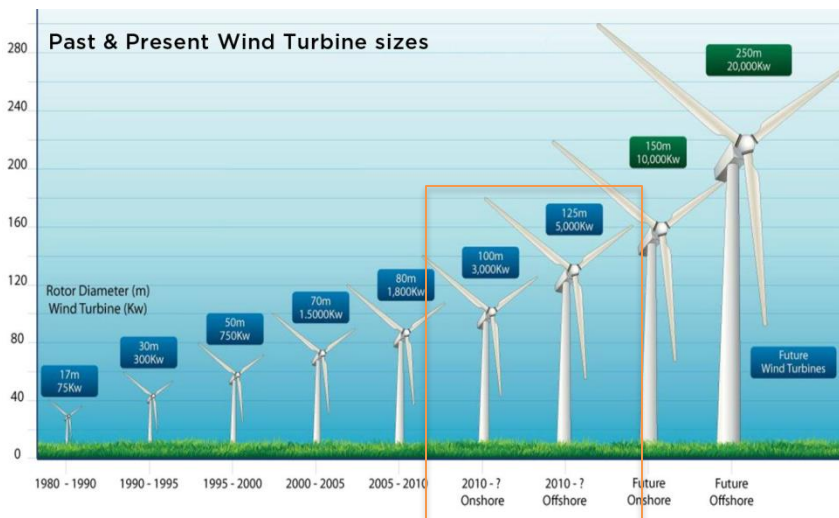
Tecnologías Renovables

**DIPOSITIVAS DE REFERENCIA**

# TURBINAS DE VIENTO



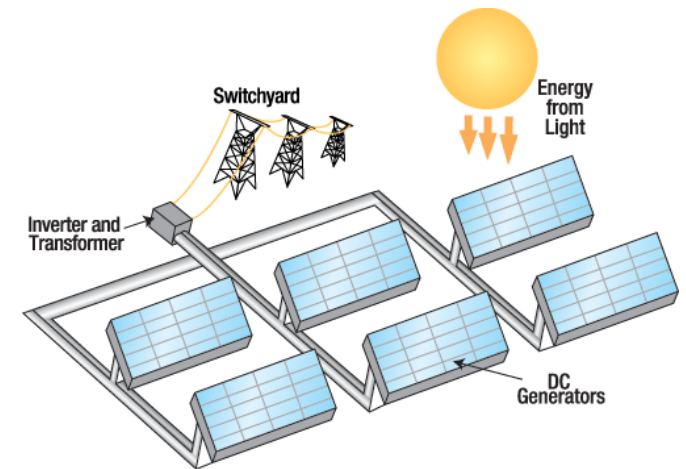
- El viento gira las turbinas directamente
  - No despachable, pero “curtailable”
  - Tendencia a generar durante períodos que no sean picos
- Algo de mantenimiento anual, pero necesitan reemplazarse cada 20 – 25 años
- Pueden requerir actualizaciones significativas de transmisión para entregar en los centros de carga
- Primer planta de viento marítima se instaló en 2016





# Fotovoltaica Solar (PV)

- Energía de luz convertida directamente en energía eléctrica a través de proceso químico en paneles
  - Debe convertirse de DC a AC (convertidor resulta en pérdidas de alrededor del 25%)
  - Sigue ciclos diarios de irradiación solar
- Muy ampliable: techo residencial (1 – 10 kW) a una granja solar de 4,000 acres (1,600 Ha) (550 MW)
- Frecuentemente se puede encontrar más cerca de la carga que el viento
- Resulta en temas de “curva de pato”





# Cogeneración (o Calor y Energía Combinados)

- Uso de calor excesivo de la planta generadora para fines productivos
- Por ejemplo, un edificio industrial con generación en el sitio captura el calor excesivo para uso en su proceso de manufactura
- Las famosas alcantarillas/tuberías humeantes de Manhattan son el producto de su red de plantas de cogeneración que hacen llegar vapor a edificios con fines de calefacción
- La Planta de Cogeneración Kendall en Cambridge efectúa una función similar; es importante notar que la operación de una planta de cogeneración se basa en factores más allá de los mercados energéticos

