

**Universidad Politécnica de Cartagena**  
**Departamento de Ingeniería Eléctrica**



Programa de doctorado de “Tecnologías Industriales”.  
Subprograma de “Neurotecnología, Control, Robótica y Gestión  
Energética”

**Análisis e Integración de Recursos  
Energéticos Distribuidos**

Cartagena, 2011

## Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

# Lección 3. Políticas basadas en la demanda en entornos regulados

- Concepto de Gestión de la Demanda (DSM, Demand Side Management)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## Entornos regulados

- **Hasta la década de los 70: políticas SSM (Supply Side Management)**
  - El sistema sigue a la variación de demanda
- **A partir de 1973 entra el DSM. Causas:**
  - $\Delta$  Precios del petróleo (costes de producción)
  - $\uparrow$  Tasas de inflación (dos dígitos)
  - $\uparrow$  Precio del dinero (dos dígitos), se dispara el coste económico de nuevas inversiones
- **Cambio de contexto:**
  - Planificación (incertidumbre grandes inversiones)
  - Cambio en la regulación de los SEE
  - Interés por la Conservación y Eficiencia Energía
  - Usuarios: control costes energía (industrias)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

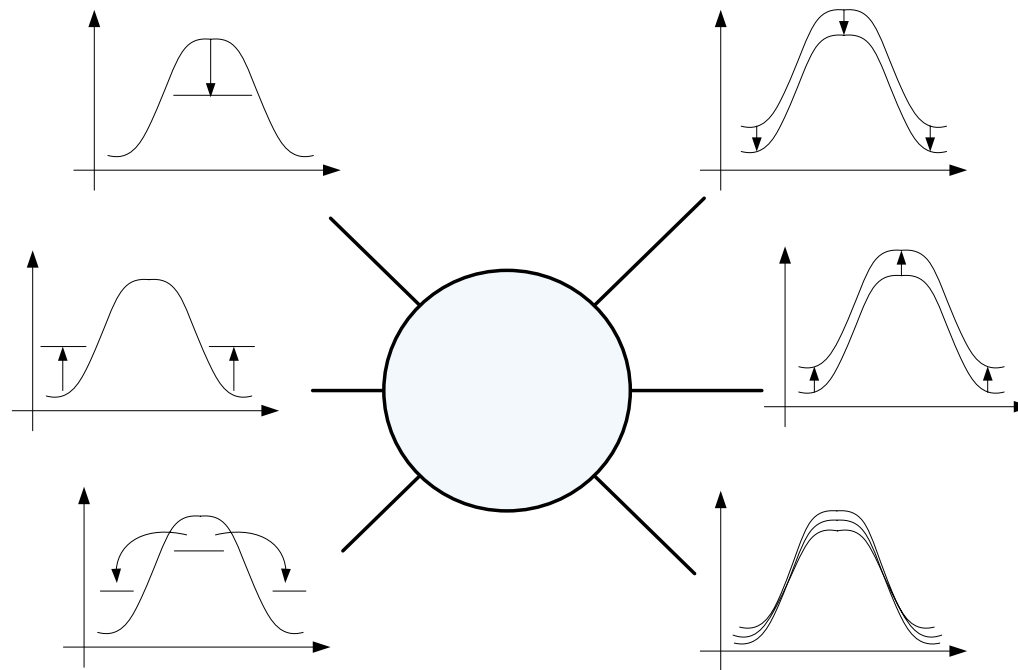
Simulación de la participación



### ● Gestión de la Demanda (DSM)

- Concepto (Gellings, EPRI, 1981)
  - Cambiar patrones de uso de la electricidad
  - Modificar la curva de carga (tiempo, valor)

→ en función de las necesidades de la compañía



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## ● El DSM abarca componentes críticos de la planificación tradicional de la empresa:

- Influye en el uso (demanda) de los clientes
  - Debe preverse la respuesta del usuario
- Incluye objetivos adicionales:
  - Reducciones/nuevas tarifas
  - Satisfacción del usuario
  - Aumento de la fiabilidad de la red
- El SSM ya no es la única alternativa (2)
  - Habrá que comparar con políticas alternativas (DSM) que puedan conseguir objetivos similares.
- El DSM está influenciado por la forma de la curva de carga (CT, alimentador, subestación, ...)
- Perspectiva de la Gestión de la Demanda 1980-95
  - Transp. (3)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



## ● Consideraciones medio-ambientales

- Muy importante desde 1980
  - Ej: energía nuclear (Three Miles Island, Junio 79)
  - Cambio climático (efecto invernadero)
  - Lluvia ácida (centrales convencionales)
- Evaluación: es muy complicada. Muchas empresas y gobiernos intentan incluirla en su planificación.
  - Northwest power (EEUU) -10% por conservación
  - California: [10%,25%] en los proyectos de generación
  - Monetización explícita: asignar costes a cada impacto asociado (mitigación del impacto)
    - NOx: 22000 \$/ton emitida
    - SOx: 16000 \$/ton emitida
    - CO: 300\$/ton
- Clean Air Act (EEUU, 1990)
  - Regulaba % de emisión
  - Contemplaba compras de derechos de emisiones

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



## Factores que influyen al DSM (I)

### ● Positivamente

- Nuevos aparatos y tecnologías
  - Capacidad de ahorro (100% de 1980 a 1990)
  - Abaratamiento de los costes (electrónica)
- Entre un 25% a un 50% podría ser ahorrado si se aplicasen las mejores tecnologías existentes
  - Resulta muy caro y es utópico
- Valoraciones del EPRI (EEUU)
  - Sector residencial (27 al 46% de ahorro): acondicionadores, calentadores de agua, iluminación
  - Sector comercial (23 al 49% de ahorro): iluminación, refrigeración, equipos de oficina
  - Sector industrial: (24% al 49%): electronic drives (más del 70% del consumo se debe a motores)
- Otras alternativas: sustitución de fuentes primarias
  - Sustitución de gas o petróleo
    - Industria:  $407 \cdot 10^{12}$  BTU (1 BTU=1054kJ)
    - Transporte  $94 \cdot 10^{12}$  BTU

## II. PARTICIPACIÓN DE LA DEMANDA EN ENTORNOS REGULADOS

### Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación



### Factores que influyen al DSM (II)

#### ● Negativamente

- Las políticas de rebajas e incentivos a las compras de aparatos eficientes. Eran muy jugosas (ejemplo: Acumuladores cerámicos en España, I.D.A.E)
  - Buenos ahorros de energía
  - Fáciles de gestionar
  - Con poco riesgo
  - No eran “socialmente” eficientes
- Alternativa: mejorar los estándares (NAECA)

Aparato	Estándar 1990	Estándar 1993-95	Estándar 2004-06
Frigorífico (no frost)	1013 kWh/año	730 kWh/año	620 kWh/año
Congelador	1100 kWh/año	835 kWh/año	-
Aire Acond. (centralizado)	Ninguno (8-9 SEER, BTU/Wh)	10 SEER (1992)	13 SEER (propuesto)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## ● Beneficios de la experiencia del DSM

- Hay más datos y pueden estudiarse mejor los problemas
  - Prevenir oportunidades perdidas
  - Establecer incentivos
  - Ejemplos de casos individuales
  - Hacer más fácil la **participación del usuario**
- Los “mercados” están poco explotados comercial e industrial
- El mercado residencial se ha hecho “resistente” pues era el que tenía mayor experiencia en DSM



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## ● Planificación a mínimo coste (LCP)

- Definición (R. Sants, 1979): buscar la máxima eficiencia energética posible con tecnologías que sean competitivas.
- Proceso: (puede ser útil para evaluar la respuesta de la demanda, hay similitudes importantes)
  - Comprender y conocer los usos finales de la energía
  - Identificar el potencial técnico existente
  - Evaluar costes y beneficios para la **sociedad**
  - Buscar el óptimo que minimice costes y maximice el beneficio social
- Problemas del LCP
  - Usuario: no hay equidad. Las políticas pueden ser beneficiosas sólo para una parte (partícipe)
  - Empresa eléctrica:
    - El LCP es contrario a la expansión y a la competitividad
    - ¿Qué ocurre con la fiabilidad de las redes?
    - No se considera el control de cargas



**II. PARTICIPACIÓN DE LA DEMANDA EN ENTORNOS REGULADOS****● Evaluación del potencial de una medida****● Paso 1: referencia base de potencia**

- Buscamos: energía y potencia consumida por usuario
- Identificamos: segmentos de mercado, tipos de consumidores, periodos de uso, tipos de uso final
- Necesitamos: comprender cómo utilizan la energía los consumidores finales.

**● Ejemplo 1: usuarios residenciales**

- Consumo de energía (E) por tipo de construcción (building type, bt) y uso final (end-use, eu)

$$E_{bt,eu} = NH_{bt} * SAT_{bt,eu} * UEC_{bt,eu}$$

- NH: número de casas de un tipo constructivo
- SAT: % de saturación del uso final
- UEC: consumo de la unidad, aparato.



## II. PARTICIPACIÓN DE LA DEMANDA EN ENTORNOS REGULADOS

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

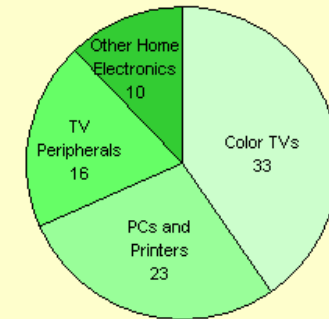
Simulación de la participación



### ¿Fuentes de datos?

- Agencias de energía: IDEA, [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)
- Datos población: <http://www.ine.es>
- Fabricantes: <http://www.aham.org>
- Empresas, asociaciones eléctricas: REE (proyecto INDEL, 1997)
- Auditorías energéticas

Figure US-4. Electronic Equipment Electricity Consumption in U.S. Households, 2001

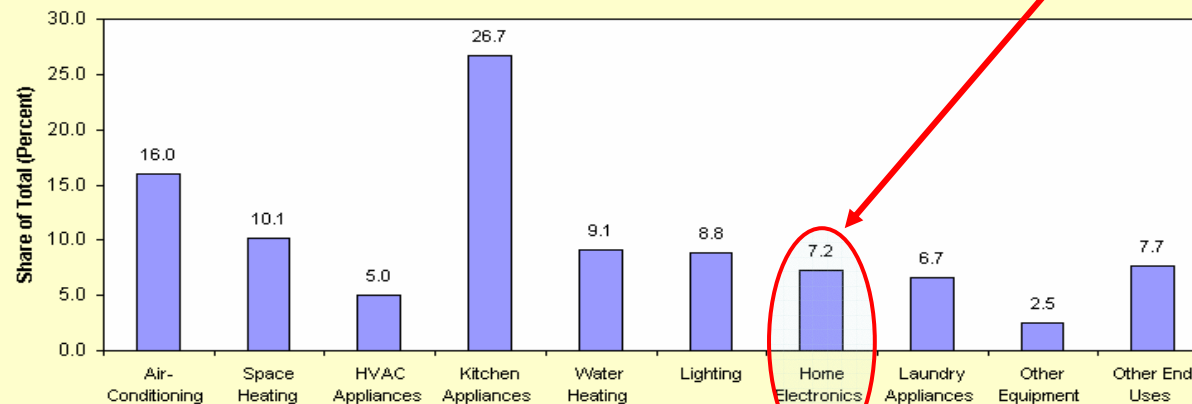


U.S. Total: 82 Billion kWh

Note: Totals may not equal sum of components due to independent rounding.

Sources: EIA, Residential Energy Consumption Survey 2001, Forms EIA-457A-C, E, and H and other sources (see Table US-1).

Figure US-1. Electricity Consumption by End Use in U.S. Households, 2001



Notes: "Share of total" is the share of total electricity consumption by U.S. households. "HVAC Appliances" consists of furnace fan, ceiling fan, dehumidifier, humidifier, and evaporative cooler (swamp cooler). "Other Equipment" consists of pool filter/pump, hot tub/spa/pool heater, waterbed heater, and well water pump. "Other End Use" includes many end uses not specifically listed.

Sources: EIA, Residential Energy Consumption Survey 2001, Forms EIA-457A-C, E, and H and other sources (see Table US-1).

## II. PARTICIPACIÓN DE LA DEMANDA EN ENTORNOS REGULADOS

### Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

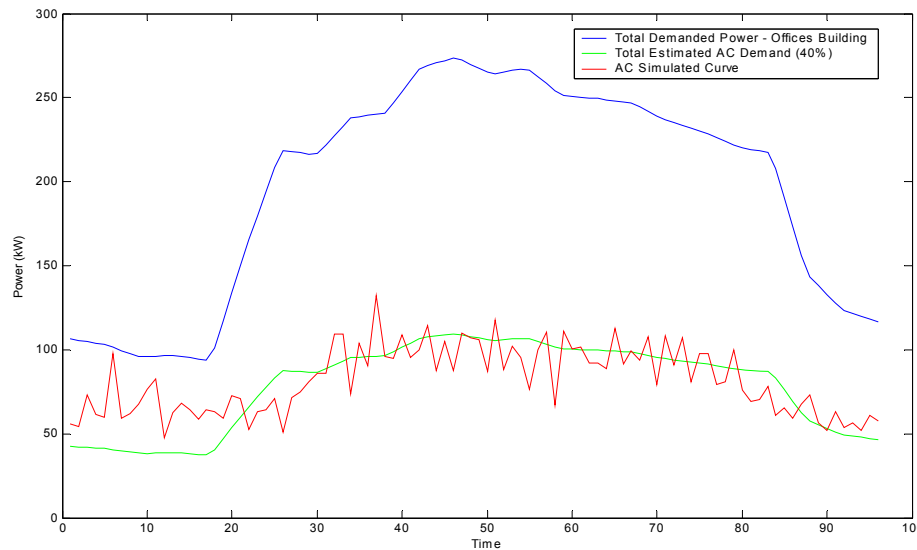
■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

### ● Lógicamente la energía varía con el tiempo

- Utilizar modelos de carga, ej COMMEND (EPRI). O bien, desarrollos propios (proyecto EU DEEP)



- Fuentes de datos (ej. Proyecto INDEL, 1997-98, Atlas de la demanda en España, REE): se puede acceder via web:

● [http://www.ree.es/sistema\\_electrico/pdf/indel/Atlas\\_INDEL\\_REE.pdf](http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/indel/Atlas_INDEL_REE.pdf)



## II. PARTICIPACIÓN DE LA DEMANDA EN ENTORNOS REGULADOS

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

### ● Ejemplo 2: segmentos comerciales e industriales

- Los datos y modelo son un poco diferentes: distinguimos usos finales en función de ratios W/m<sup>2</sup>

$$E_{bt,eu} = SQ_{bt} * SAT_{bt,eu} * EUI_{bt,eu}$$

- SQ: metros cuadrados
- EUI: intensidad del uso de energía W/m<sup>2</sup>

### ● ¿Fuentes de datos?

- Auditorías a clientes, bases de datos de consumo
- Modelos (COMMEND, EPRI)
- Ejemplos: fuente LBNL, EEUU, 1995



Table 2. Refrigeration Service Demand

Use (Temperature) (1)	Case Type	Case Auxiliary Electricity Use (kWh/ft-yr)	Building Type	Use (Temperature) (1)	Case Type	Service Demand lineal ft/1000 ft2 of building [ft2/1000 ft2 of building] (4)	
Medium Temperature	Vertical	237	Grocery	Medium Temperature	Vertical	7.9	
	Vertical w/glass doors	635			Vertical w/glass doors	1.7	
	Walk In	17.5 (kWh/ft2-yr)			Walk In	[45]	
Low Temperature	Vertical	1135		Restaurant (2)	Low Temperature	Vertical	0.8
						Vertical w/glass doors	1.9
					Tub	67	Tub
			Walk In		17.5 (kWh/ft2-yr)	Walk In	[14]
Warehouse	Vertical	1256	Warehouse	Medium Temperature	Vertical	0.08	
					Vertical w/glass doors	0.02	
				Low Temperature	Vertical	0.01	
					Vertical w/glass doors	0.03	
Warehouse	Tub	67	Warehouse	Low Temperature	Tub	0.14	
					Walk In	[3]	
Warehouse	Walk In	17.5 (kWh/ft2-yr)	Warehouse	Medium Temperature	Walk In	[24] (3)	
					Low Temperature	Walk In	[56] (3)

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## ● Paso II: Identificar medidas/políticas

- Redactar posibles medidas de eficiencia en función de cada clase de consumidor, seleccionando las mejores mediante:
  - Análisis cualitativo
  - Análisis técnico (MTP, Max. Techn. Potential)
  - Análisis económico
- Análisis cualitativo: se descartan medidas o políticas inapropiadas por:
  - Escasa aceptación del consumidor: empeora la calidad de servicio, o son de difícil instalación (ej. aislamientos)
  - Aparatos inapropiados para un cierto clima: ej. Almacenamiento de frío en climas templados.
  - Madurez de la tecnología
  - Existencia de mejores tecnologías



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



● **Paso II: Identificar medidas/políticas (II)**

- **Análisis del máximo potencial tecnológico (MTP):** tecnología más eficiente conocida (ej. LED de alta eficiencia >100lm/W)
  - Puede ser instantáneo (optimista) o desfasado (realista)
- Suelen converger en el tiempo

● **Paso III: análisis económico**

- Existen una serie de tests: ej Test Social (TRC)

● **Ejemplo. Fuente: System Wide Electric Energy Efficiency Potential, Try State, EEUU (2010)**

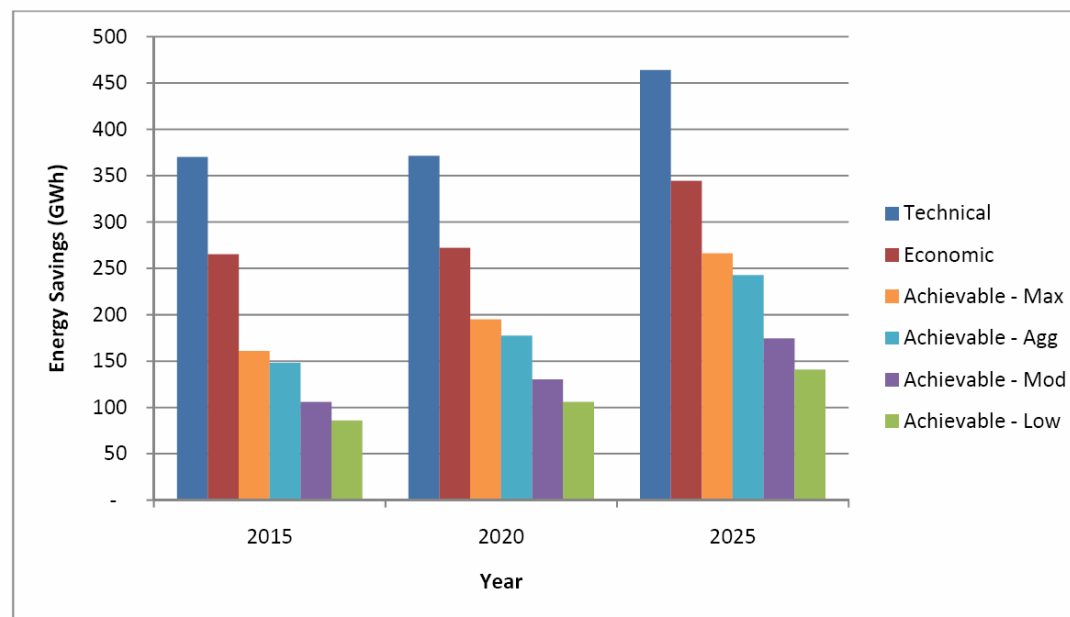


Figure 1.2 Potential Annual Energy Savings



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

T

## ● Planificación integrada de recursos (IRP)

- Definición (Schweppe, 1989): integración del LCP y DSM para cumplir una serie de condiciones.
- Cartera de recursos del IRP

Uso eficiente de la energía (URE)	Control de la demanda	Generación distribuida renovable	Generación distribuida no renovable	Almacen. de energía	Generación conv.
Tecnología Precio Comportamiento	Control directo (DLC) Tarifas (ToU) Almac. Térmico (TES)	Solar Eólica Minihidráulica Biomasa	Turbinas Fuel cells Cogeneración	SMES SCES Inercia	Carbón Nuclear Fuel-Oil Gas
Políticas de demanda		Políticas de suministro			



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

## Declive de las políticas de DSM (1995-2000):

### ● **Influyen varios factores:**

- Comfort: el 90% de los usuarios comerciales y el 50% de los usuarios institucionales lo consideran un inconveniente grave para reducir su demanda
  - Políticas anticuadas
- Valoración de los usuarios:
  - Más interesante los sistemas EMS
  - Buscan información sobre usos de la energía y el funcionamiento de nuevas tecnologías
- Falta de interés del regulador: se centra en otros objetivos.

