

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

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

- **Lección 1. Estructura y funcionamiento de los Sistemas Eléctricos**
- **Lección 2. Participación de la Demanda en Sistemas Eléctricos**
- **Lección 3. La Gestión de la Demanda en entornos regulados (1973-1996)**
- **Lección 4. Eficiencia Energética.**
- **Lección 5. Almacenamiento de Energía**
- **Lección 6. Generación Distribuida**
- **Lección 7. Control de la carga**
- **Lección 8. Respuesta de la demanda**



Bloque

Participación de
la demanda

Entornos
regulados

Entornos
liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la
participación

- Lección 1
- Estructura y Funcionamiento de los SEE. Problemas de los SEE actuales



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

● La energía eléctrica

● Es una forma valiosa de energía, ofrece:

● Precisión

● Facilidad de control de procesos

● Confort al usuario

● Ventajas medioambientales

● Disponibilidad: fuentes variadas primarias a costes razonables

● Eficiencia: los mejores rendimientos en el transporte y uso final de energía se obtienen con la electricidad

● Es versátil: fácil de convertir en otras formas de E^a

● Supone del 35 al 50% de la energía total consumida en la década 2000-2010

● Problemas:

● Incremento del consumo de energía

● No existe la posibilidad de almacenarla



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

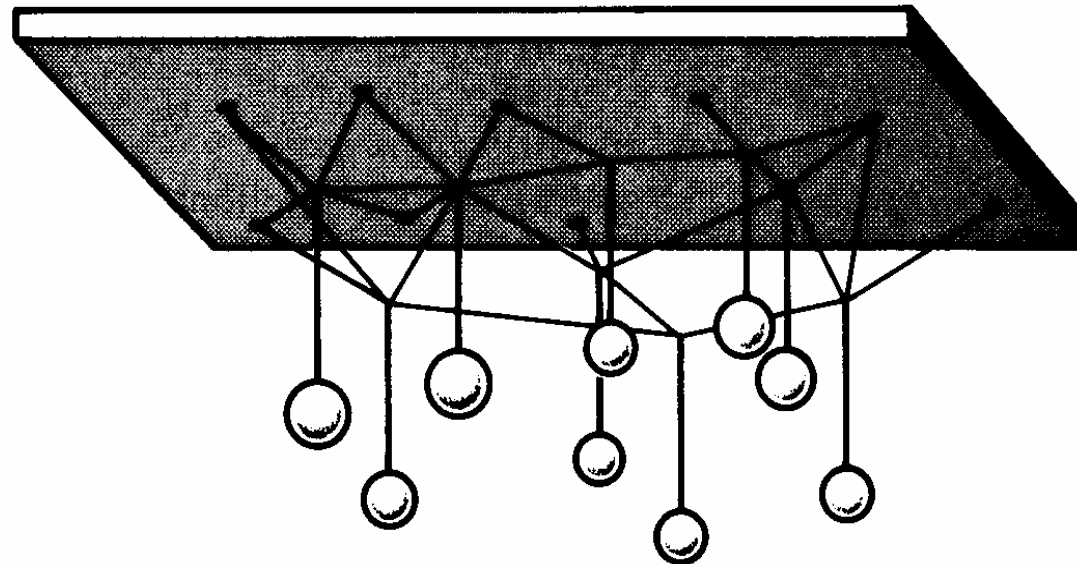
Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● Símil mecánico de los Sistemas Eléctricos

- Es necesario guardar un equilibrio en cada instante:
 - Generación = Demanda + Pérdidas
- Con un cierto nivel de calidad y fiabilidad del suministro



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

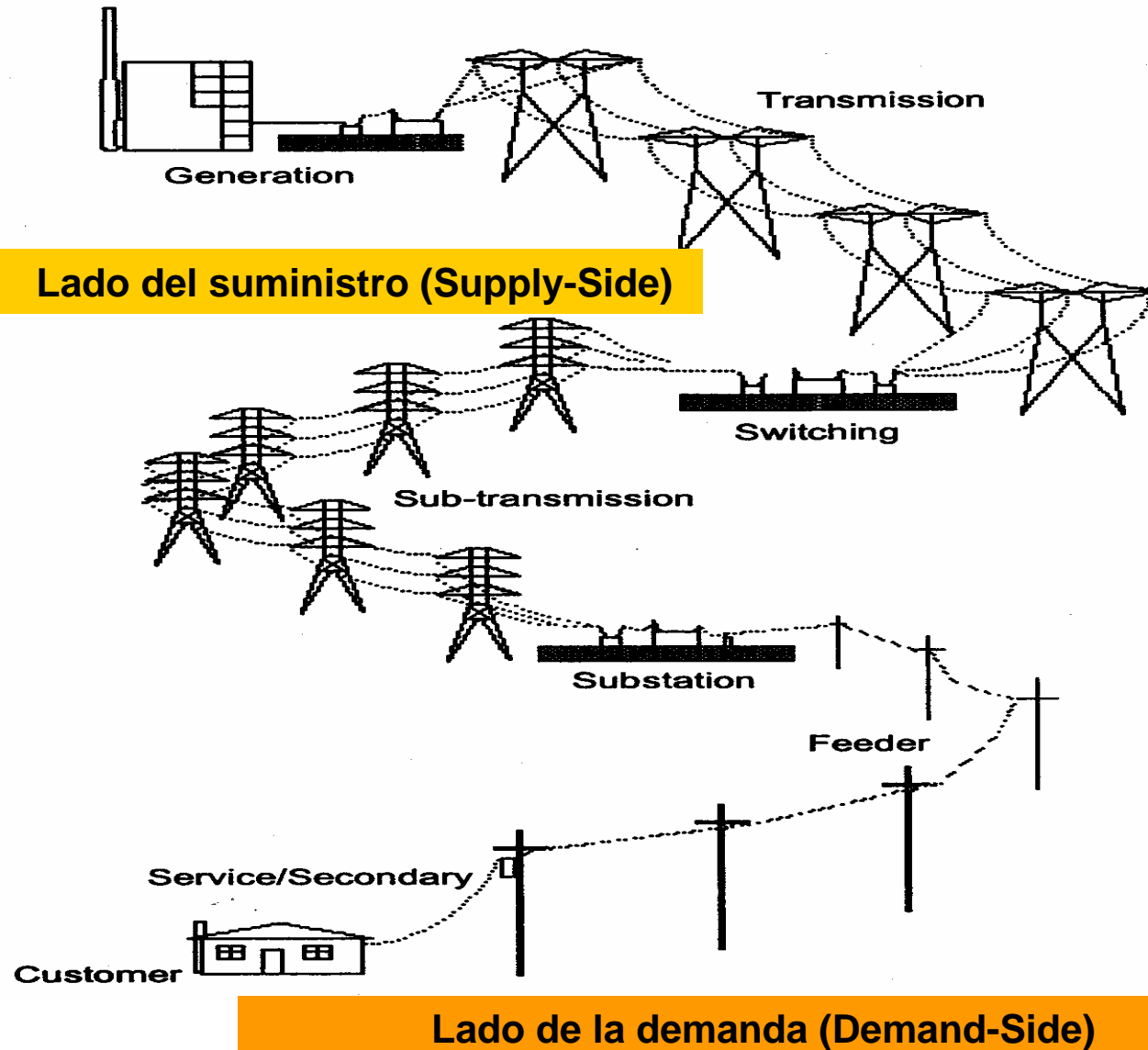
Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● Estructura de los Sistemas Eléctricos



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



● Características de los diferentes niveles

- Cada nivel suministra potencia al siguiente
- La tensión y capacidad de transporte disminuyen
- Cada nivel tiene muchos más elementos que el anterior
- La capacidad neta del nivel aumenta hacia el usuario
- La fiabilidad disminuye en el lado del cliente

Level of System	Voltage kV	Number of Units	Avg. Cap. MVA	Total Cap MVA
Transmission	345, 138	12	150	1,400
Sub-transmission	138, 69	25	65	1,525
Substations	138/23.9, 69/13.8	45	44	1,980
Feeders	23.9, 13.8	227	11	2,497
Service Trans.	.12, .24	60,000	.05	3,000
Secondary/Service	.12, .24	250,000	.014	3,500
Customer	.12	250,000	.005	1,250

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● Costes del sistema de T & D (I)

- Costes de diseño, construcción y operación
- Los equipos y elementos tienen dos tipos de coste:
 - Capital: equipo, terreno, construcción, montaje, instalación y puesta en marcha
 - Operación: mano de obra y equipo para mantener el sistema en condiciones de funcionamiento, impuestos, y **las pérdidas en el sistema**
- Vamos a recordar unos ratios de costes en cada uno de los niveles del sistema



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



● Costes del sistema de Transporte

● Costes de líneas en el nivel de transporte:

- Línea de 66kV, 50MVA: 0,7 a 1€/kVA-km
- Línea de 380kV dúplex: 0,3 a 0,5€/kVA-km

● Costes de una subestación, incluyendo:

- Terreno: compra y preparación
- Terminales de transporte y distribución
- Transformadores
 - Total: 20-40€/kVA

● Costes del Sistema de Distribución

- Aérea: 5-15€/kW-km
- Subterránea: 20-40€/kW-km

● Costes de mantenimiento

- 3-12% del coste de capital por año (estimación)

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



● El coste de renovar o ampliar la capacidad del sistema

- ¿Márgenes en la capacidad de las líneas? Prever el crecimiento de la demanda
- Ejemplo: Línea de 20kV de 6MVA o 15MVA
- Coste opción 1, línea de 6MVA: 10€/kW-km
- Coste opción 2, línea de 15MVA: 8€/kW-km
- Coste de ampliar la línea 1 (+9MVA): 25€/kW-km
 - Trabajo en tensión??
 - Instalar nuevo conductor
 - Nuevas crucetas??
- En muchas ocasiones los elementos del sistema se construyen con un margen apreciable (50%) para abastecer a necesidades futuras
- ¿Existen otras alternativas a sobredimensionar?

1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

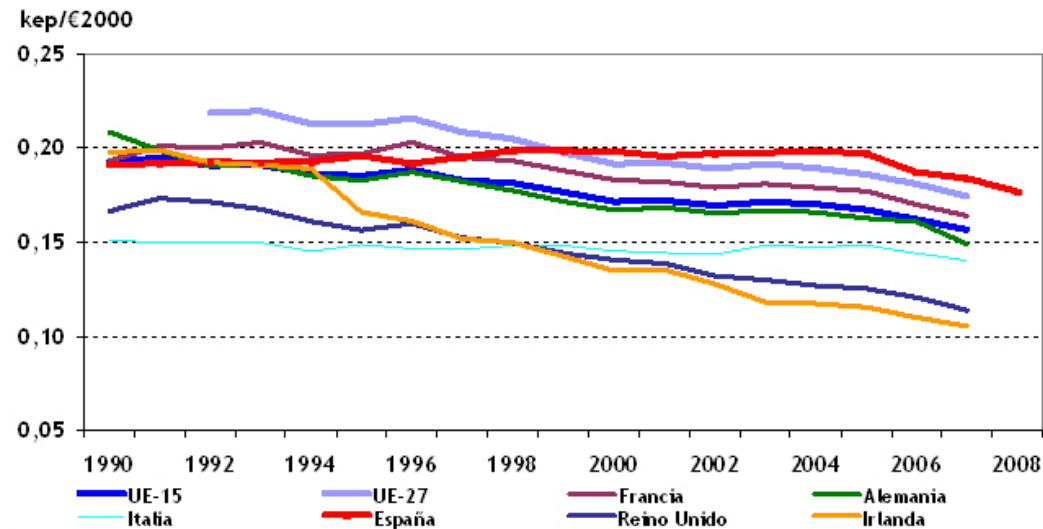
■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

Problemas del suministro: consumo en España

- En España se incrementa ligeramente la intensidad de uso energético (básicamente PIB/demanda)



Fuente: EnR/IDAE

Nota: Los datos de *Intensidad Primaria* para España se han calculado a partir de las cifras de Producto Interior Bruto publicadas por el INE a precios constantes de 2000 y de acuerdo con el nuevo Sistema Europeo de Cuentas. Según esto, los valores del PIB han sido actualizados en noviembre de 2009.

● Problema del último lustro:

- Aumenta el pico de potencia en un 40%, la demanda un 30%
- Potencia instalada de generación: pasa de 58.000MW a 63.000MW en 2002 (↑ 8,6%)
- **Conclusión: somos menos eficientes en el uso de la energía**



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

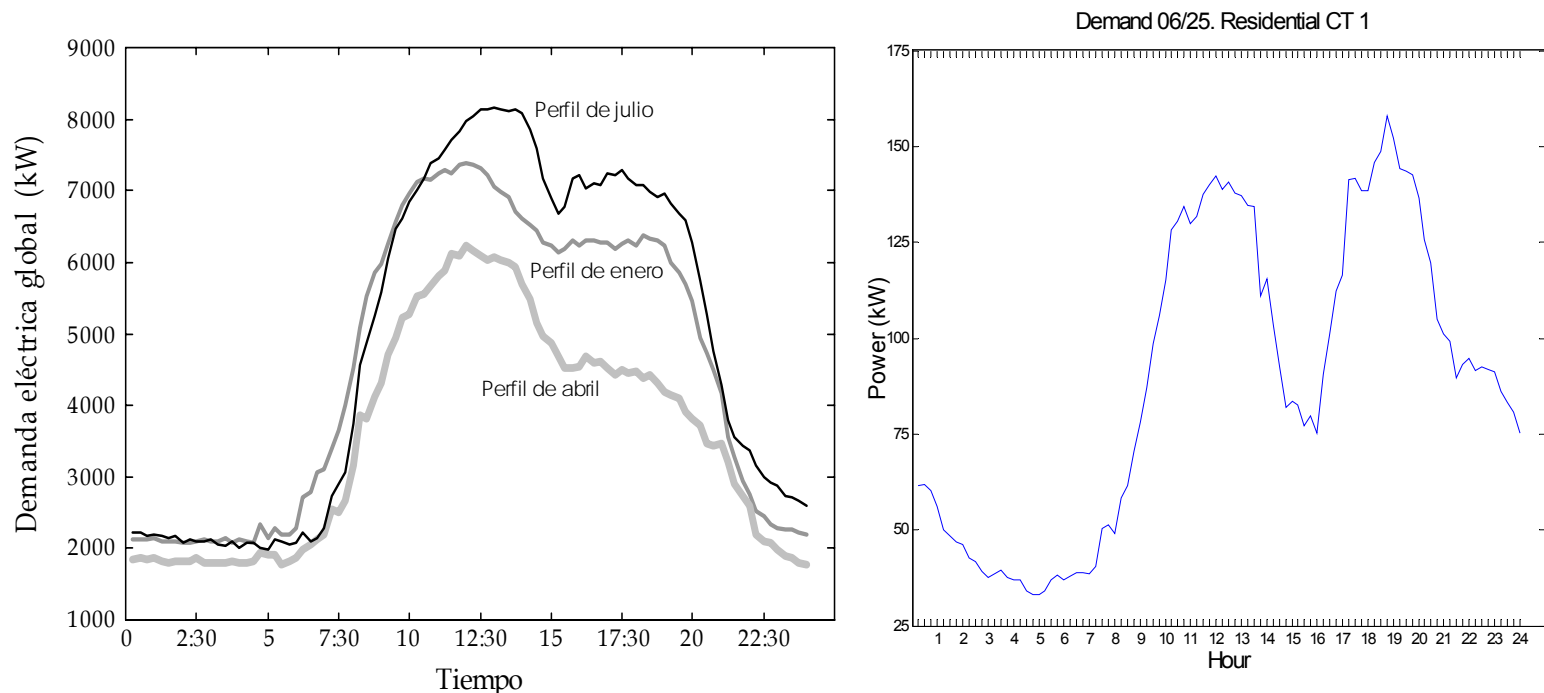
■ Monitorización

Simulación de la participación



● Los bajos factores de carga (LF): diarios y anuales

- LF = Demanda media/demanda pico
- Puede estar en el rango de 0,5-0,6 (exp. Francia)
- Los **picos de demanda** nos definen la capacidad de generación y de las líneas eléctricas de nuestro sistema



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

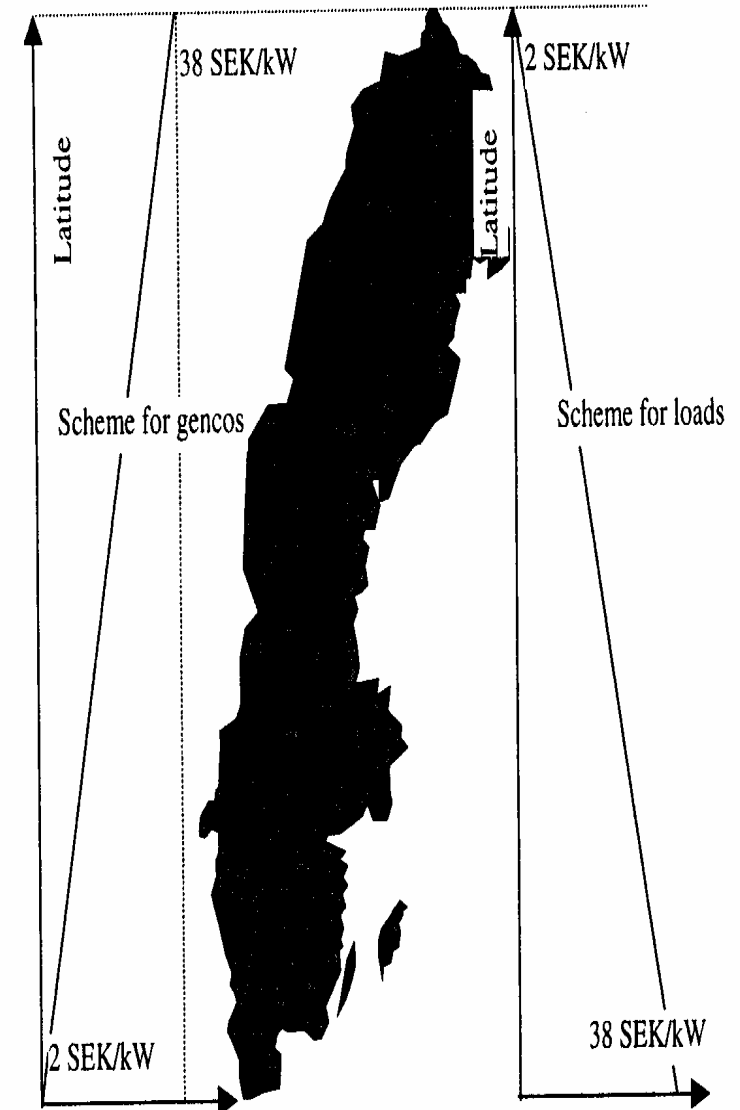
- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● ¿Dónde está la generación?

● Ej. Suecia

- La tarifa del punto de conexión comprende
 - Una tasa anual (dependiente de la latitud)
 - Una tasa en función de las pérdidas
- Penaliza a las cargas en el S y generadores en N



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

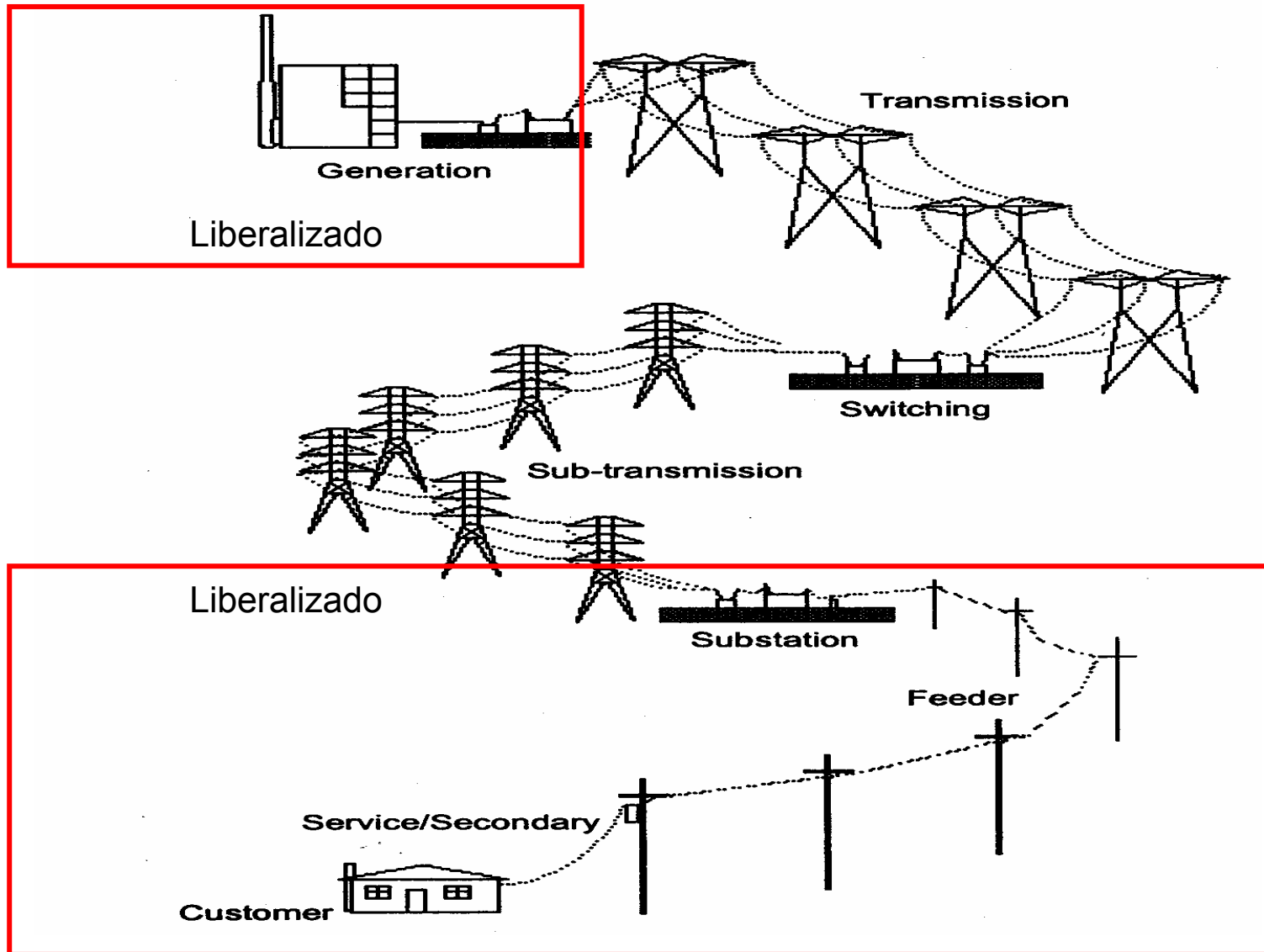
Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● División de actividades en los S. Eléctricos



0. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

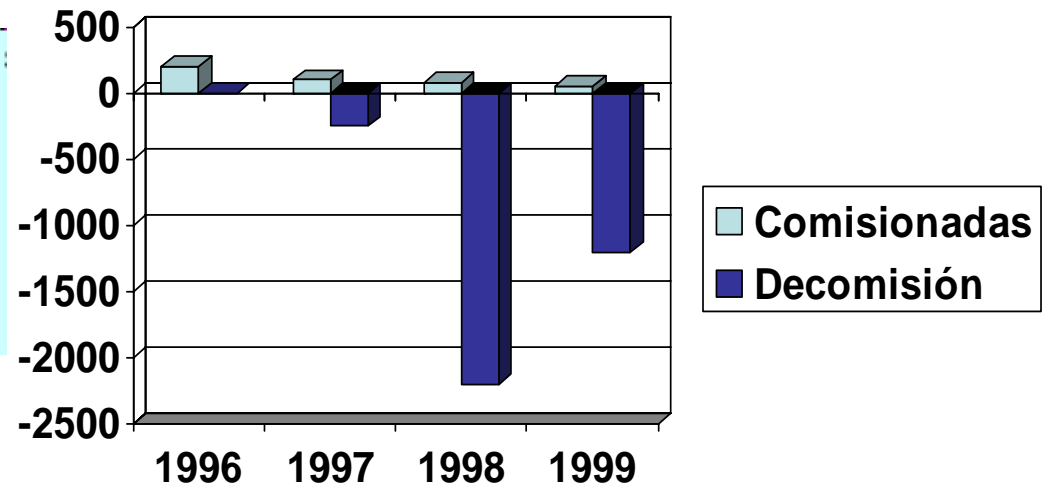
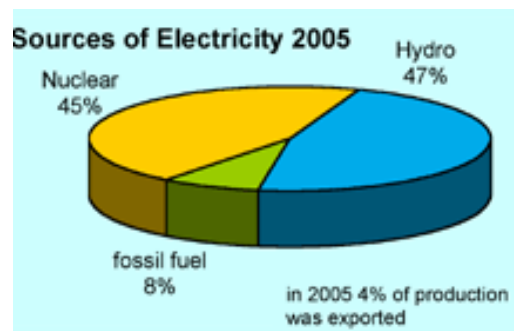
■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

- **Precios: efectivamente se han venido reduciendo por efecto de la liberalización.**
- **Pero tiene otros “efectos” la liberalización:**
 - Cierre de plantas de generación: un ejemplo claro es Suecia (2000MW perdidos en 1998 + 600MW de una planta nuclear)
 - ¿Nuevas plantas? Escasa capacidad de generación planificada. En 2006 marcha atrás en política nuclear.

Potencia de centrales en Suecia (MW)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



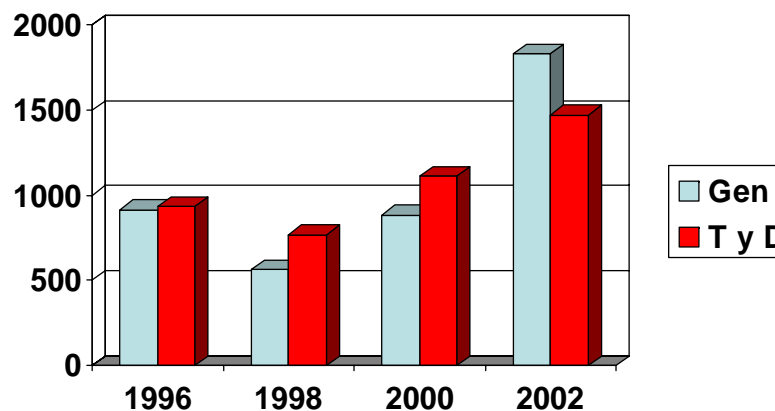
Situación del mercado español

● Algunos negocios ya no son muy rentables...

Año	Generación	Distribución
1997	8,1	5,3
1999	6,6	4,5
2002	6,6	5,1

● Por tanto las inversiones han sido escasas

Inversiones (M€)



Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

● El coste de la generación convencional

- Muchas centrales están técnicamente desfasadas

● Ejemplo: centrales de ciclo combinado

- Alta eficiencia (mínimo 20-30% más que las térmicas convencionales)
- El mercado liberalizado ha propiciado la construcción de este tipo de centrales
- Menores emisiones al medioambiente
 - 60% menos que una planta de carbón (CO₂)
- Muchas de ellas estaban planificadas a un coste de mercado inferior a 3\$/MBtu. El problema es que el precio está por encima de 5\$/MBtu (incluso 8\$)
- No puede ser una solución a largo plazo
- Necesidad de reducir la dependencia del gas natural, utilizándolo para otros fines más inteligentes (GD, cogeneración)



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

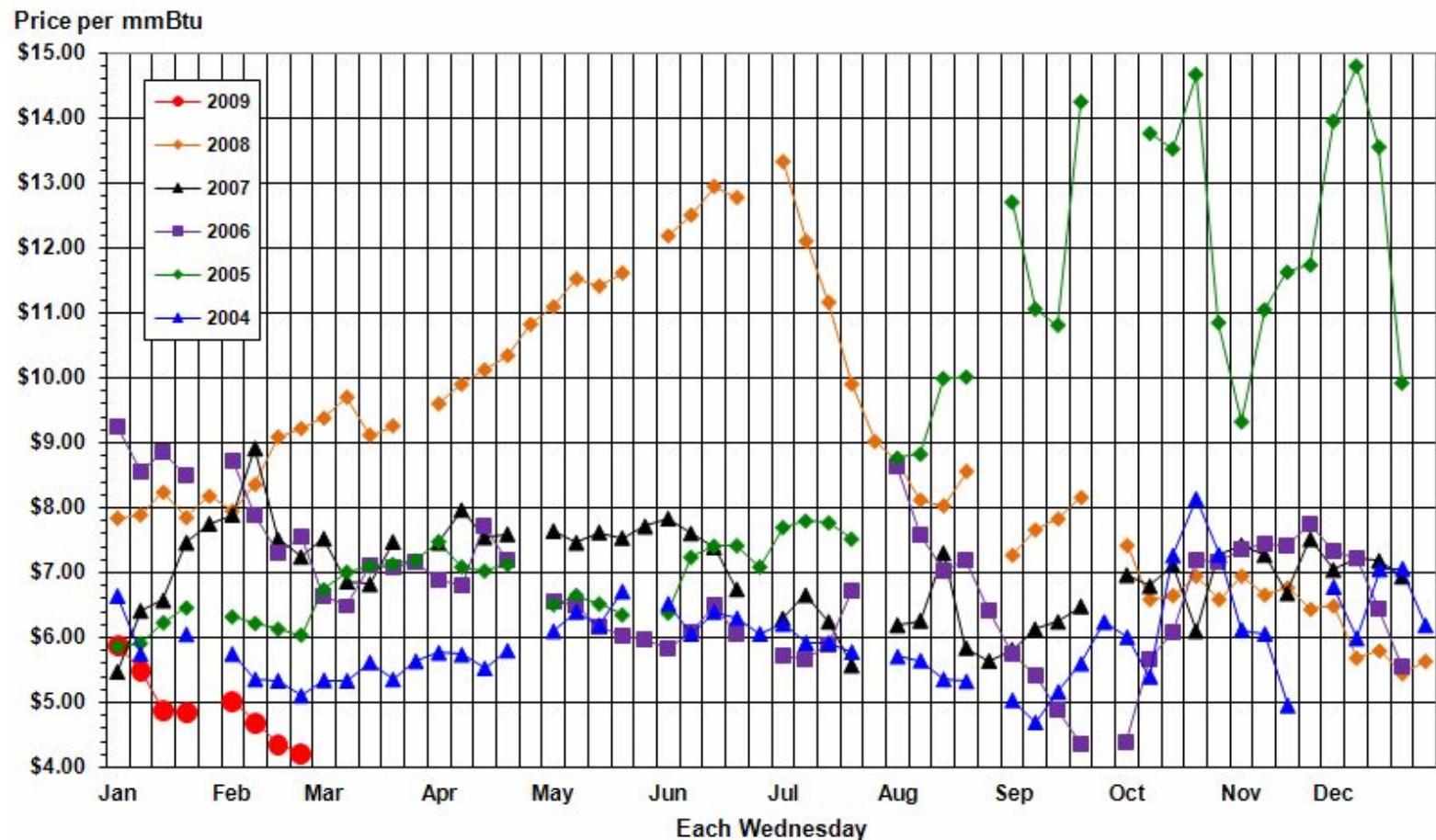
■ Monitorización

Simulación de la participación

● Precios del gas natural (mercado EEUU)

● Como siempre las previsiones quedan cortas

Natural Gas Spot Prices at the Henry Hub
2004 - 2009



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

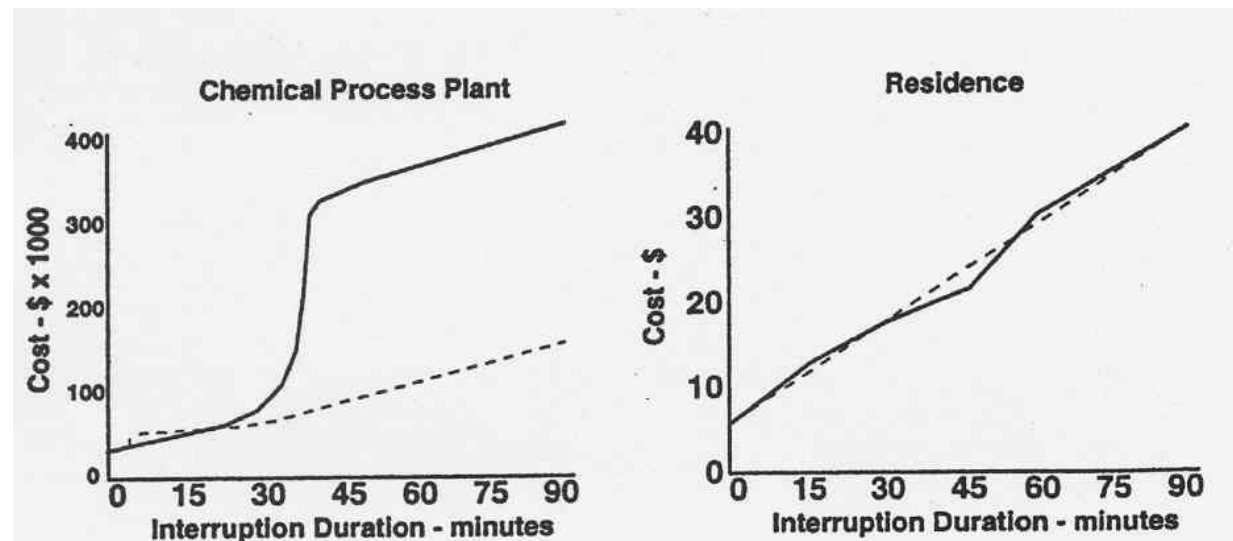
■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

● A considerar: los usuarios necesitan diversos niveles de calidad y fiabilidad

- Los estándares de fiabilidad son muy altos (99,9%)
- ¿Qué significan? 10 horas sin servicio/año
- La “falta” de fiabilidad puede tener un elevado coste para el usuario:
 - Pérdida de datos (ordenadores)
 - Pérdida de producción (cerámica, químicas)
- Un sistema eléctrico convencional no puede tener una fiabilidad del 100%



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación

T

● Integrar recursos de demanda/suministro (IRP)

- Definición (Schweppe, 1989)
- Cartera de recursos del IRP

Uso eficiente de la energía (URE)	Control de la demanda	Generación distribuida		Almacen. de energía	Generación conv.
		Renovable	no renovable		
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			



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

- **¿Cómo puede gestionar el usuario sus costes energéticos? Participando en el mercado energético**
 - Por si mismo (grandes usuarios)
 - A través de “agregadores de demanda”
- **Los precios del mercado son muy interesantes; diferentes posibilidades en función de:**
 - Capacidad de previsión y modificación de la demanda

Días/meses	Día anterior	El mismo día	Tiempo real
Contratos bilaterales Contratos de suministro	Mercado diario de energía Gestión de reservas	Restricciones de redes Mercado intradiario	Servicios Auxiliares o Complementarios



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

- Modelos de carga
- Monitorización

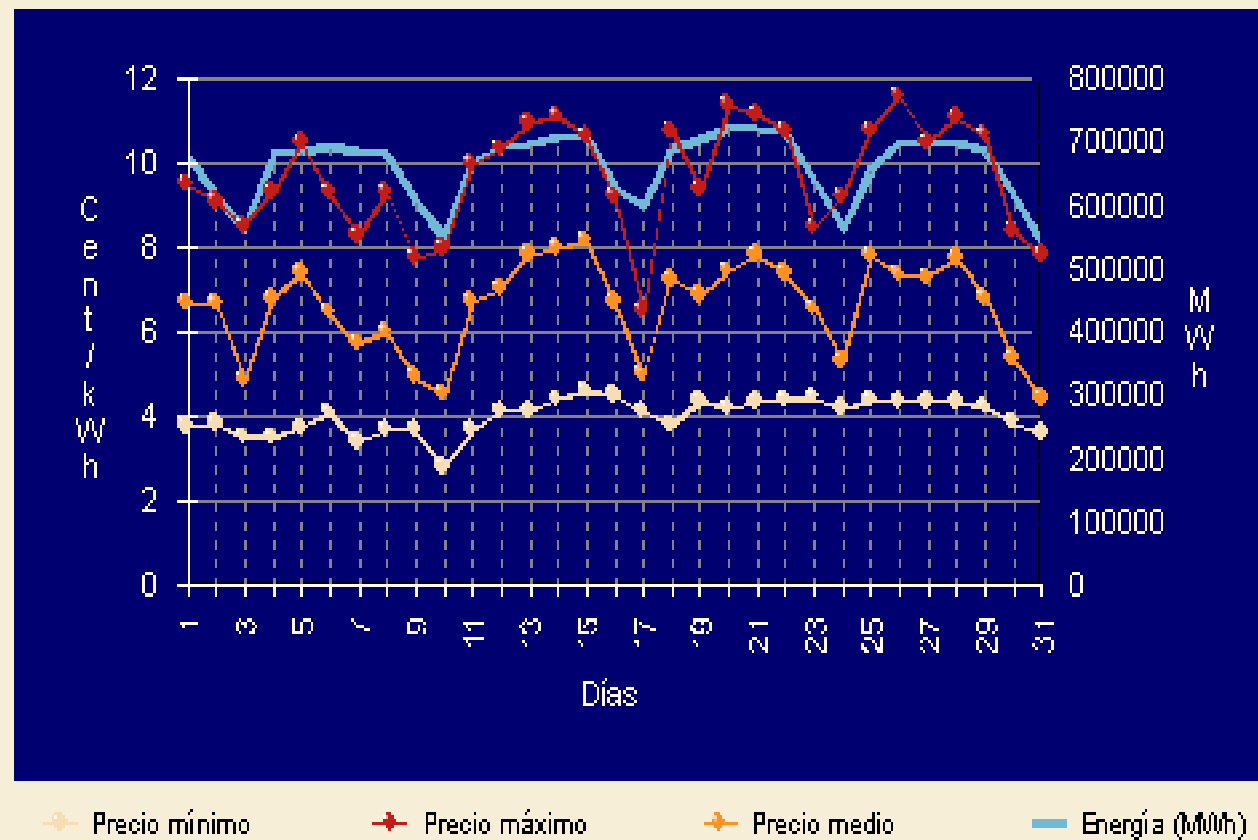
Simulación de la participación



● Ejemplos de precios de mercado (I)

● Diario

Mínimo, medio y máximo del precio del mercado diario (cent/kWh) - Julio 2005 (* Escala)



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

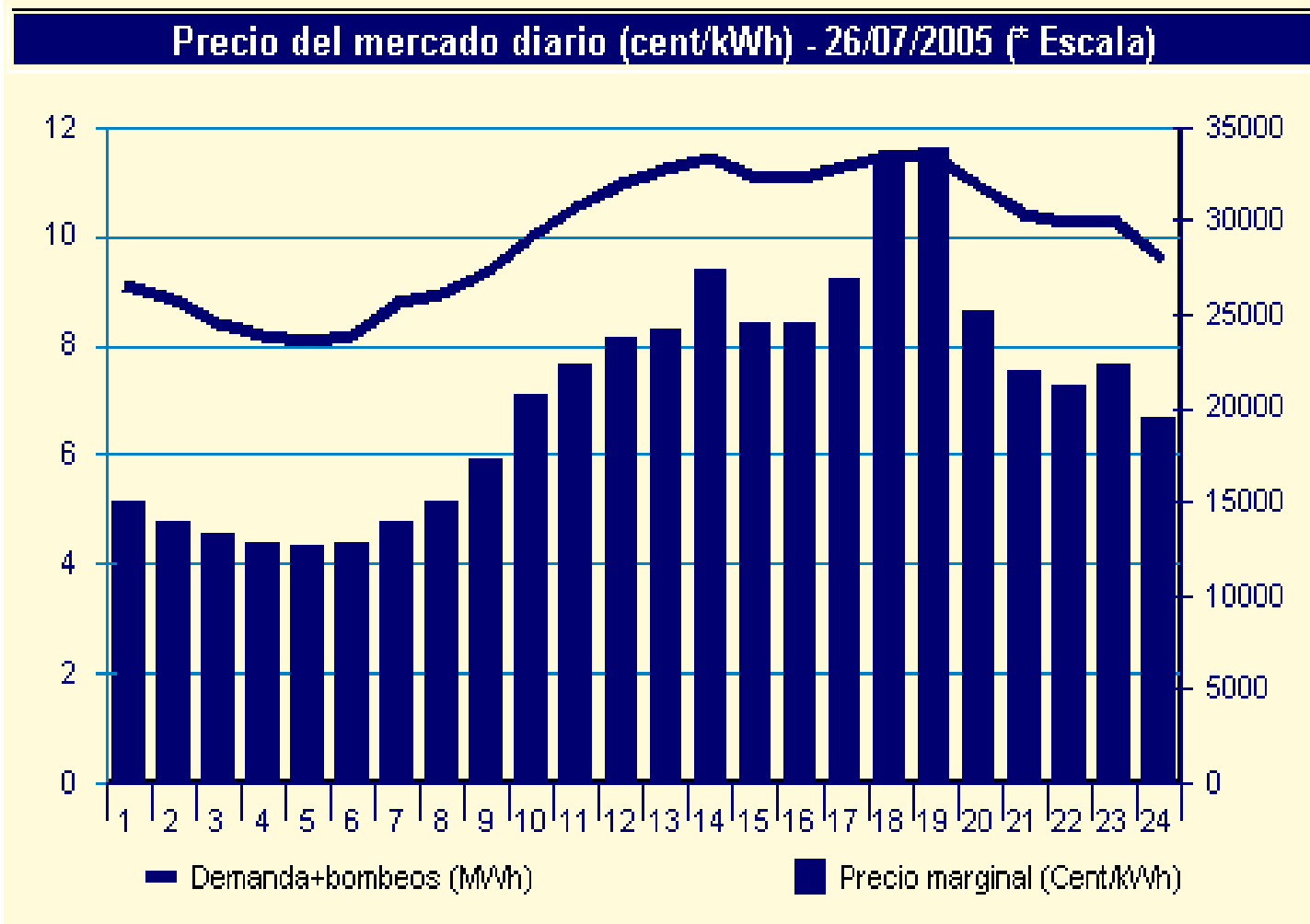
- Modelos de carga
- Monitorización

Simulación de la participación



● Ejemplos de precios de mercado (II)

● Diario



1. ESTRUCTURA Y FTO. DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Bloque

Participación de la demanda

Entornos regulados

Entornos liberalizados

Herramientas

■ Modelos de carga

■ Monitorización

Simulación de la participación

- **Si existen: las políticas del “lado de la demanda” (Demand-Side)**
- **Compiten con los incrementos de costes de expansión o de operación**
 - Gestión de la demanda (DSM)
 - Generación Distribuida (GD)
 - Demand-Side Bidding (DSB)
 - Respuesta de la Demanda (DR)
- **Recursos Energéticos Distribuidos (DER) y de Demanda (DERD)**

