



Modelos de sistemas de energía eléctrica

Caracterización de un sistema de energía eléctrica

Andrés Ramos

Contenido

1. Atributos de clasificación

2. Técnicas matemáticas cuantitativas



Atributos de clasificación de modelos

- Son las **dimensiones** (la lista de la compra) de un modelo
- Permiten **definir las características** de cada modelo posible
- **Establecer las ventajas e inconvenientes** en el modelado del sistema hecho en cada modelo
- Definir la **situación actual** de los modelos y las **tendencias de mejora**, características todavía no modeladas explícitamente

Atributos de clasificación (i)

- División temporal de las decisiones
- Modelado del mercado
 - Equilibrio entre todas las empresas, única empresa
- Función/es objetivo
- División espacial
 - Nudo único
 - Diferentes modelos de red

Atributos de clasificación (ii)

- Demanda
 - Cronológica, monótona
 - Función del precio
- Subsistema hidráulico
 - Hidráulica agregada
 - Topología red hidráulica
- Estocasticidad
 - Determinista
 - Probabilista o estocástico
- Decisiones intra o interperiodo

Equilibrios en el modelado

- Mayor alcance temporal u horizonte de estudio más alejado, menor detalle de modelado
- Mayor tamaño del sistema, menor detalle de modelado si la técnica matemática es limitante
- Mayor cercanía, menor incertidumbre
- Modelado del mercado depende del alcance temporal. Una empresa en el corto plazo, todas las empresas en el largo plazo

División temporal

- Alcance
 - intervalo de tiempo para el que se reproduce la explotación del sistema (1 año)
- Horizonte
 - momento a partir del cual se estudia el sistema (2005)
- Periodo
 - división temporal unitaria con **relevancia** para la representación del sistema (semana)

Decisiones inter e intra-periodo

- Interperiodo

- mantenimiento programado de los grupos térmicos
- gestión de recursos limitados (embalses hidráulicos y bombeo estacional)

- Intraperiodo

- acoplamiento de los grupos térmicos
- bombeo diario
- arranques/paradas diarias

Demanda

- Demanda del sistema o residual de una empresa
 - Curva cronológica
 - Curva monótona duración/carga o carga/tiempo
 - aproximación analítica no lineal
 - aproximación poligonal
 - aproximación por escalones
- Función demanda/precio
- Caracterización aleatoriedad
 - Determinista
 - Estocástica

Mercado de electricidad

- Tipo de competencia
 - Monopolio (empresa única)
 - Oligopolio (número reducido de empresas)
 - Competencia perfecta (numerosas empresas)
- Número de empresas
 - Todas las empresas “estratégicas”
 - Sólo una empresa
- Función objetivo
 - Maximización de margen de contribución
 - Minimización de costes variables

Organización del mercado de electricidad

- Tipos de ofertas
 - operación centralizada con costes auditados
 - ofertas complejas
 - ofertas simples (en cartera, con reglas)
- Secuencia temporal de mercados
- Información publicada por el OM

Subsistema de la generación hidráulica

(i)

- Acoplamiento espacio-temporal (gestión de aportaciones interperiodo)
- Caracterización del subsistema (espacial)
 - Agregada única
 - Agregada por subsistemas hidráulicos (cuencas o subcuencas)
 - Topología hidráulica detallada (grupos, plantas y embalses)
- Caracterización de las aportaciones (temporal)
 - Determinista para algún/os escenario/s
 - Estocásticas

Subsistema de la generación hidráulica (ii)

- Potencias **mínima** (riegos, fluyente), **máxima** (función de la altura), **programada** (modelos de orden superior), **de emergencia** (según ratio de capacidad embalse a potencia máxima)



Subsistema de la generación térmica (i)

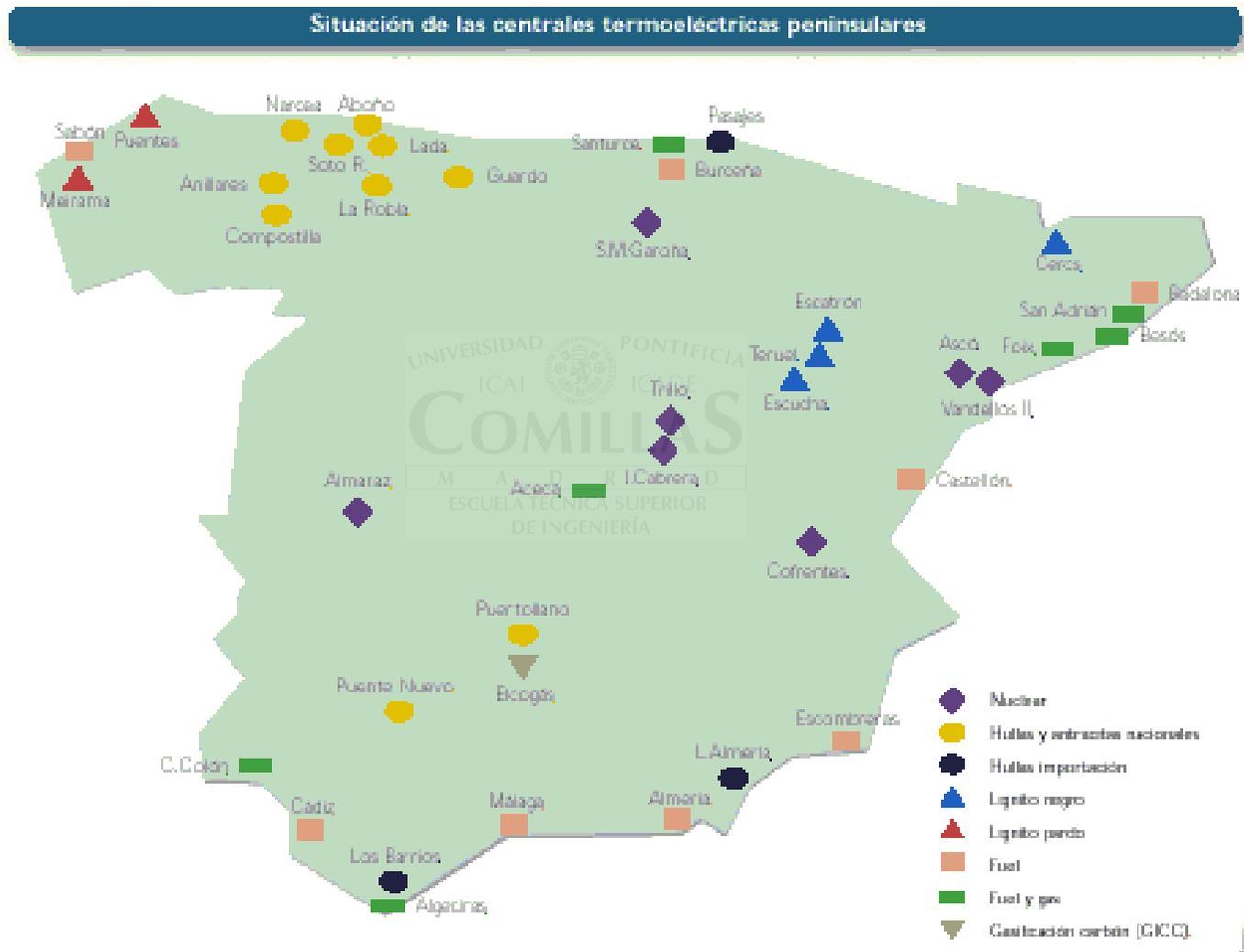
- Nivel de detalle en **potencia**
 - Grupo con o sin mínimos técnicos
 - Central
 - Unidad de oferta
- Nivel de detalle en **costes**
 - Curvas de consumo de combustible (no lineal, poligonal, lineal)
 - Costes de arranque/parada
 - Costes variables de operación y mantenimiento o de fungibles
- Caracterización de la **aleatoriedad**
 - Determinista
 - Estocástica

Subsistema de la generación térmica (ii)

- Reserva de operación
- Seguimiento de carga con rampas de subida y bajada
- Tiempos mínimos de funcionamiento y de parada



Situación de las centrales termoeléctricas peninsulares²

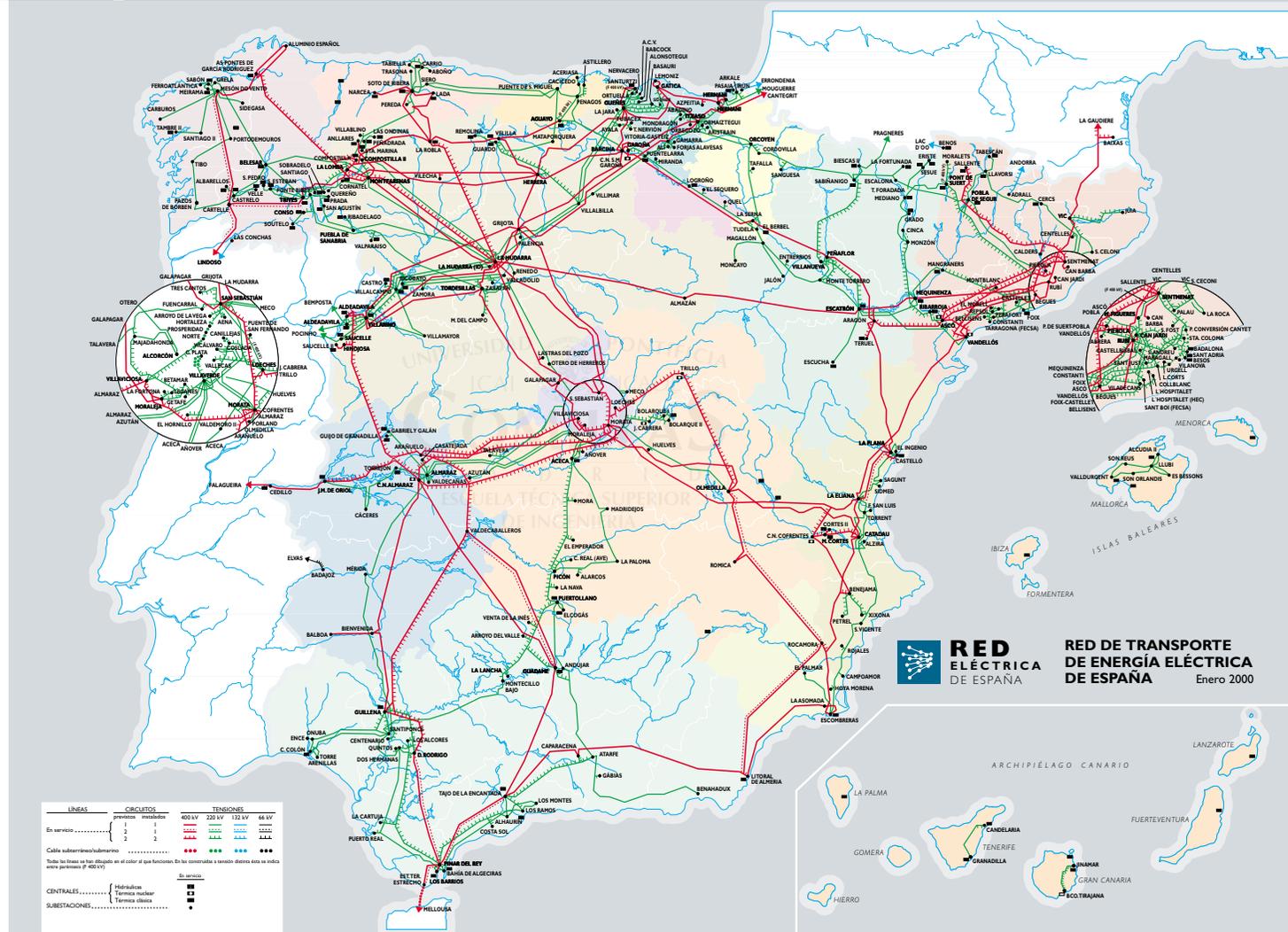


²Red Eléctrica de España. Operación del Sistema Eléctrico. Informe 1999. Disponible en www.ree.es

Subsistema de la red eléctrica

- Nudo único
- Generación/red
 - Modelo de transporte (1ª ley de Kirchoff)
 - Flujo de cargas óptimo en DC sin o con pérdidas
 - Flujo de cargas óptimo en AC
 - Aspectos dinámicos

Red de transporte de energía eléctrica de España²



²Red Eléctrica de España. Operación del Sistema Eléctrico. Informe 1999. Disponible en www.ree.es

Mantenimiento de generación y de red

- Basado en **datos históricos** (dificultad: aplicabilidad a situaciones futuras)
- Por **asignación aleatoria** (dificultad: desechar programaciones no factibles o incorrectas)
- En modo **simulación**: histórico como referencia más reglas lógicas para resolver las situaciones que ocurran
- **Módulo exógeno completo** de programación del mantenimiento (uno para generación, otro de red) más módulo lógico que resuelva los conflictos que aparezcan (especialmente en simulación)

Estocasticidad

- **Determinista**
 - Considera un único escenario. Un caso particular es el escenario de valores medio de los parámetros estocásticos
- **Probabilista o estocástico**
 - Considera explícitamente la incertidumbre (en precios marginales, aportaciones, precios de combustible, precio del dinero, etc.)

Gráfico de clasificación de modelos (i)

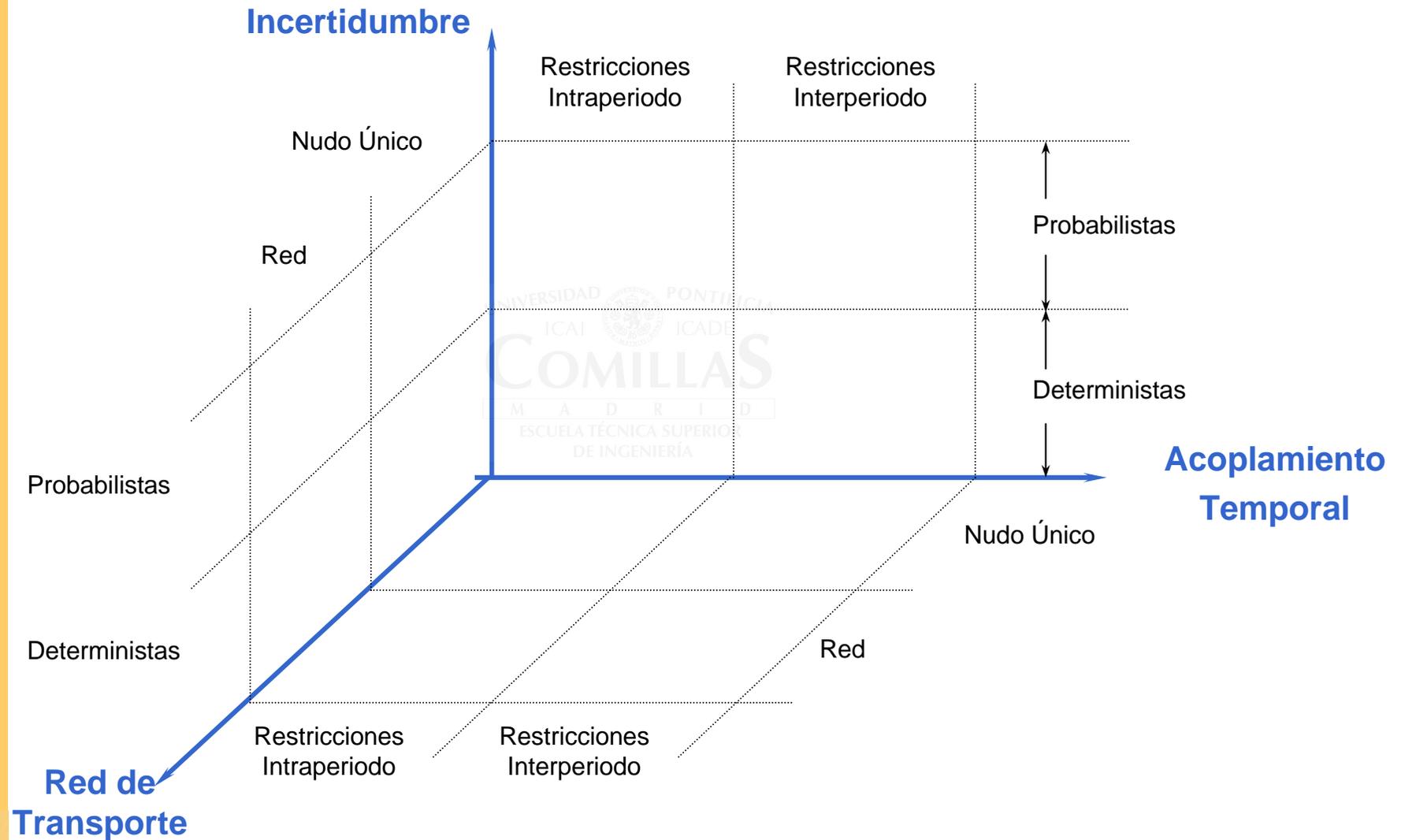


Gráfico de clasificación de modelos (ii)

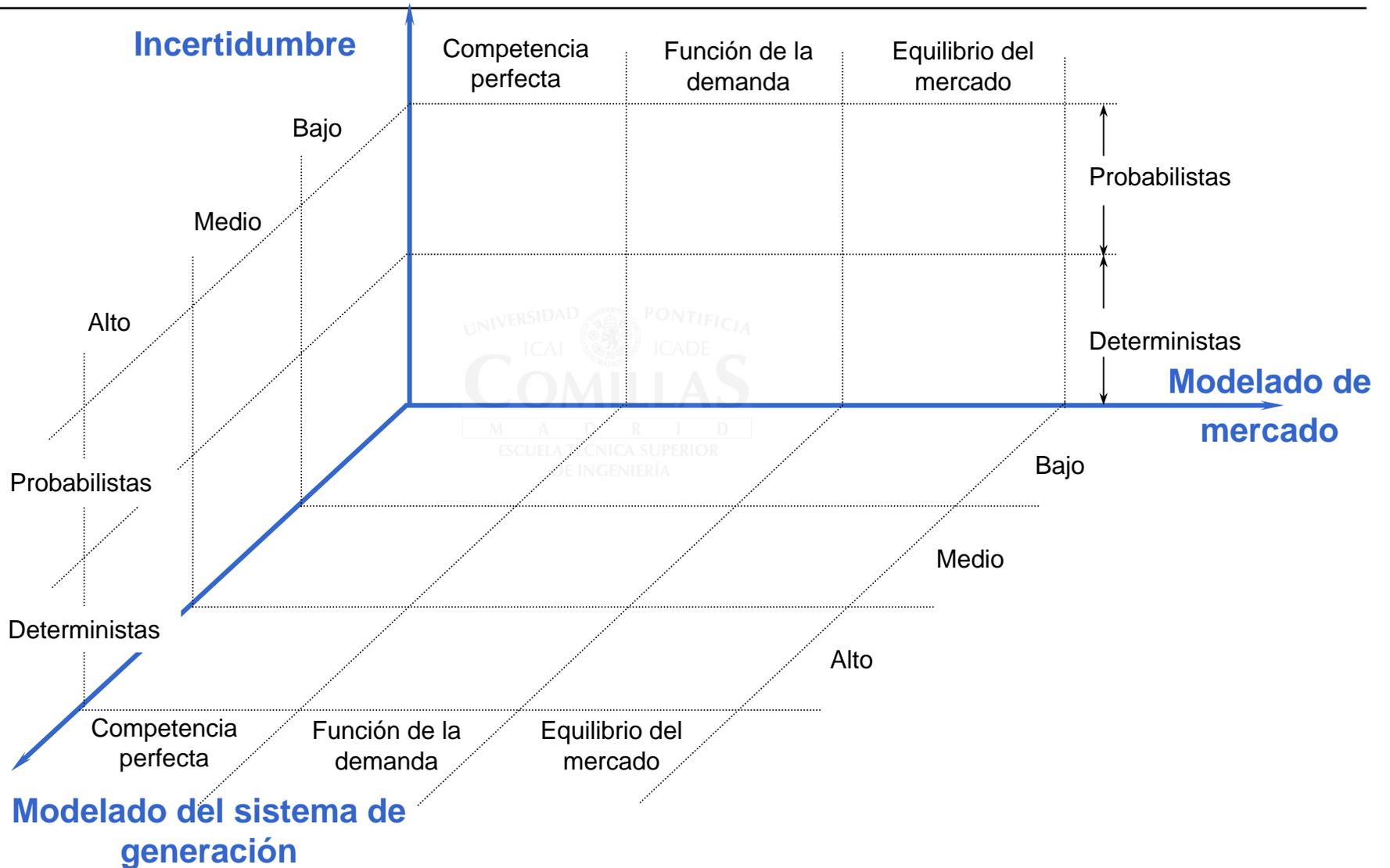
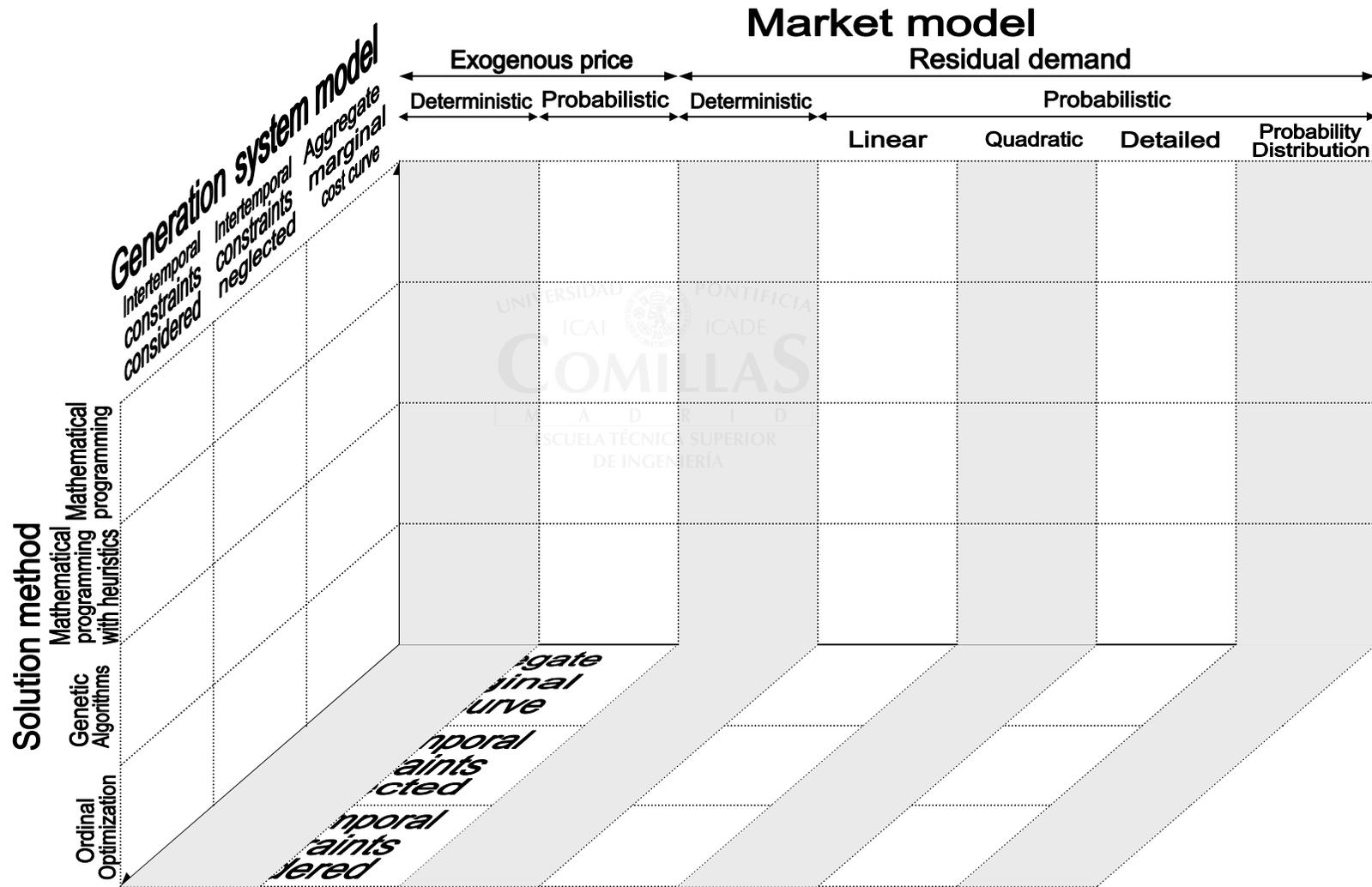


Gráfico de clasificación de modelos (iii)



Contenido

1. Atributos de clasificación

2. Técnicas matemáticas cuantitativas



Capacidad de adaptación

- **Flexibilidad** para modelar otros sistemas o características
- **Mantenibilidad**: facilidad para ser mantenido adecuadamente



Caracterización del sistema y métodos

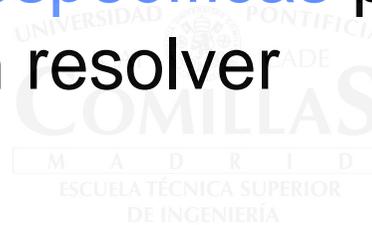
- Técnicas matemáticas deben condicionar las simplificaciones en la caracterización del sistema por el modelo y en los métodos de solución
 - **Modelado exhaustivo**, cuasi real. Puede ocasionar la carencia de un algoritmo que solucione el problema
 - **Modelado simplista** para utilizar un algoritmo disponible. Pueden llegar a darse soluciones de un problema que no existe
- El modelado debe ser un **compromiso** entre ambos casos patológicos

Tratamiento de las decisiones

- Optimización
 - determina políticas/decisiones “óptimas” entre las muchas posibles
 - identifica las restricciones activas del sistema
 - permite el análisis de sensibilidad a cambios en coeficientes de variables o cotas de las restricciones
- Simulación
 - analiza las decisiones basándose en criterios previos (óptimos/heurísticos)

Técnicas matemáticas

- Problemas matemáticos de **gran tamaño**, consumidores de recursos computacionales
- Adecuadas o **específicas** para los problemas que se desean resolver



Técnicas matemáticas cuantitativas (i)

- Optimización

- Optimización lineal (LP), lineal entera mixta (MIP), no lineal (NLP), estocástica (descomposición de Benders, relajación lagrangiana) (SP), dinámica (DP), multicriterio (MCDM)
- Problema complementario (MCP)

- Simulación

- Simulación de Monte Carlo
- Simulación de eventos discretos
- Técnicas de reducción de varianza

Técnicas matemáticas cuantitativas (ii)

- Analíticas
 - Convolución discreta
 - Simulación probabilista
- Estadística
 - Conglomerados, series temporales, redes neuronales artificiales
 - Árboles de probabilidad



Técnicas matemáticas cuantitativas (iii)

- Metaheurísticos
 - Algoritmos genéticos
 - Búsquedas (tabú, directa, aleatoria, avariciosa)
 - Recocido o temple simulado (simulated annealing)
 - Lógica borrosa