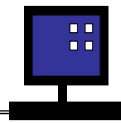
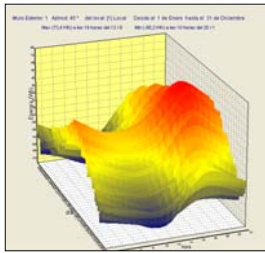


# Simulación de energía térmica Energía consumida. - Ideas -



Víctor M. Soto Francés



Simulación térmica de edificios. ¿Qué es? ...¿Por qué?

### Simulación térmica de edificios. ¿Qué es? ...¿Por qué?

Hacer cuentas con el objetivo de conocer la **“trayectoria” temporal** de alguna magnitud con algún objetivo.

**Enero**  
**24 h**  
**“Potencia Refrigeración”**  
**Diciembre**  
**“Potencia Calefacción”**

44%  
34%  
20%  
48%  
**confort**

Práctica actual: cálculo de los picos de potencia. **Cálculo de cargas.**

Las **normas CEN europeas** : método mensual 12 valores.

Reunión Bruselas Nov '09, empresas software europeas.  
**Proyecto CENSE** a favor mayor resolución temporal.

El potencia/rendimiento medio no es igual que el rendimiento/potencia en unas condiciones de operación promedio. Hace falta mayor resolución temporal.

### Simulación térmica de edificios. ¿ $\Delta t$ ? ¿ $\Delta x$ ?

¿Cuál debe ser la resolución temporal  $\Delta t$  ?

En los programas actuales suele ser **1h**, aunque existe la posibilidad de tomar tiempos menores 30' o 15', o superiores en algunos de ellos.

El muestr...

El muestr...

Sistemas

Paradas

Arrancadas

io y lemento).

Pérdidas-2

Carga parcial 3/10 Pot. N.

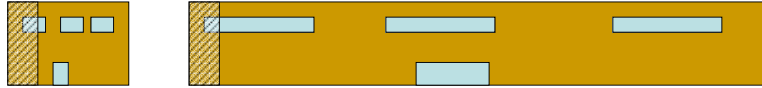
Pérdidas-6

Carga parcial 3/10 Pot. N.

### Simulación térmica de edificios. ¿ $\Delta t$ ? ¿ $\Delta x$ ?

Y ¿Cuál la espacial  $\Delta x$  ?

¿Nivel de detalle modelización espacial del edificio –**tamaño**-?

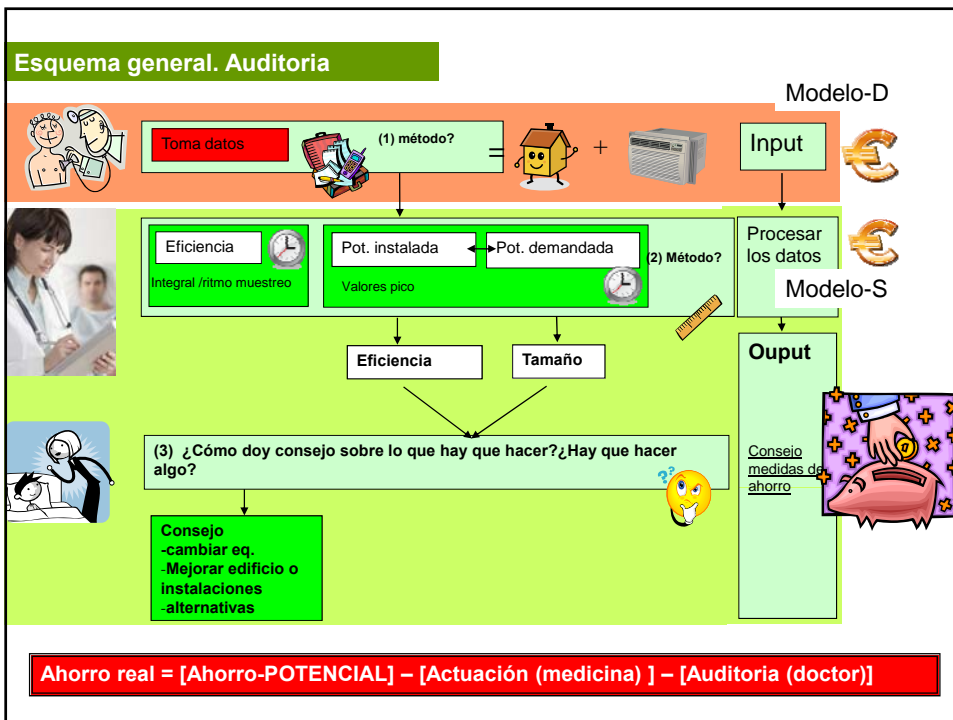
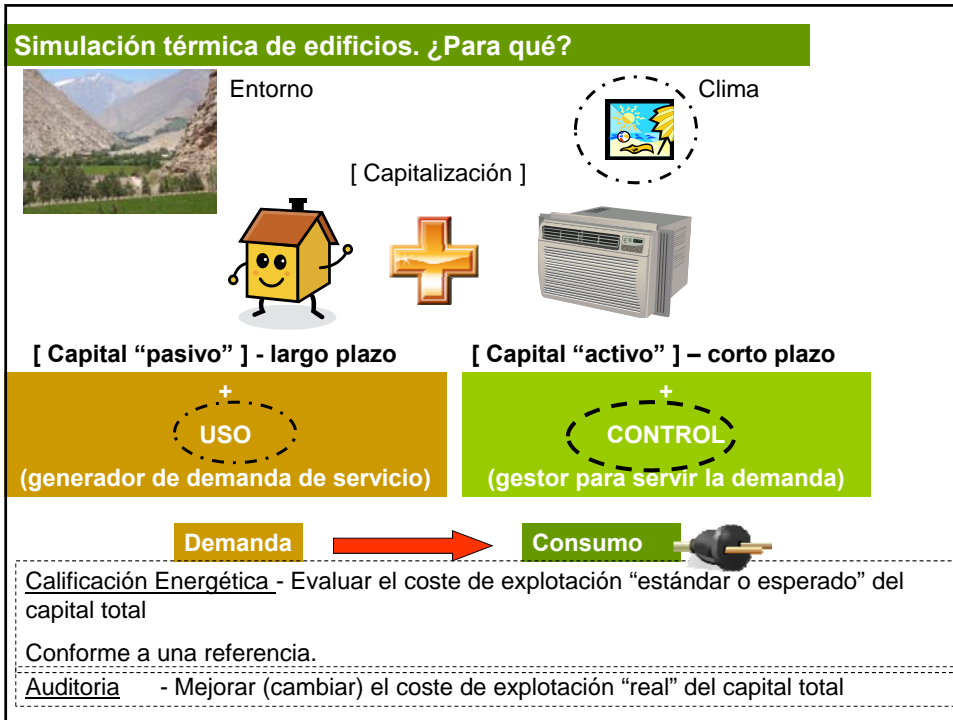


...y..... ¿Cuál la resolución a nivel de **energía, potencia, etc....?**

Lamentablemente, en general **no existe** un análisis explícito de este tipo en los programas.



...y ¿qué?,...¿cuánto te pide por metro cuadrado?



### ¿Quién o qué es responsable de qué? ¿en que medida?

### ¿Quién o qué es responsable de qué? ¿en que medida?

Hay pues 2 posibilidades:

Medir

Estimar. Calcular. (simular)



Cada posibilidad tiene ventajas y desventajas respecto a:

[+] Coste:

Tiempo, equipos, formación del profesional.

[+] Posibilidad de asignar sensibilidades (%) y responsabilidades.

[+] Certeza en conocer los valores absolutos reales:

Precisión de la medida

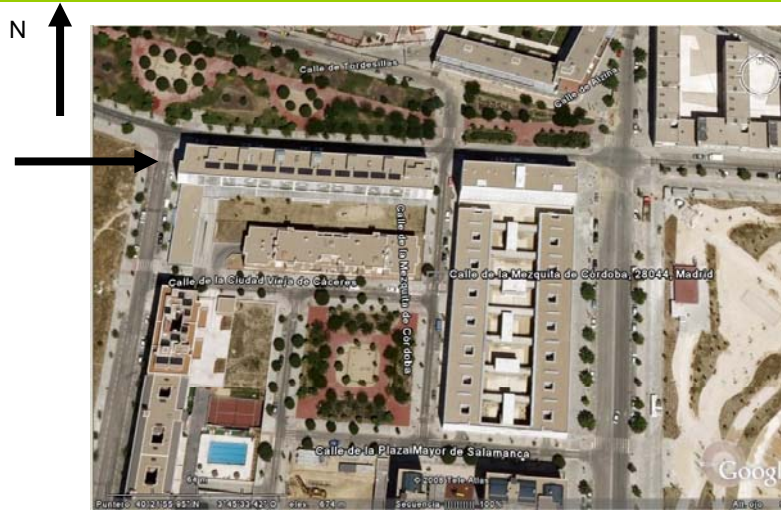
Facilidad / imposibilidad de medida.

[+] Puede responder a:

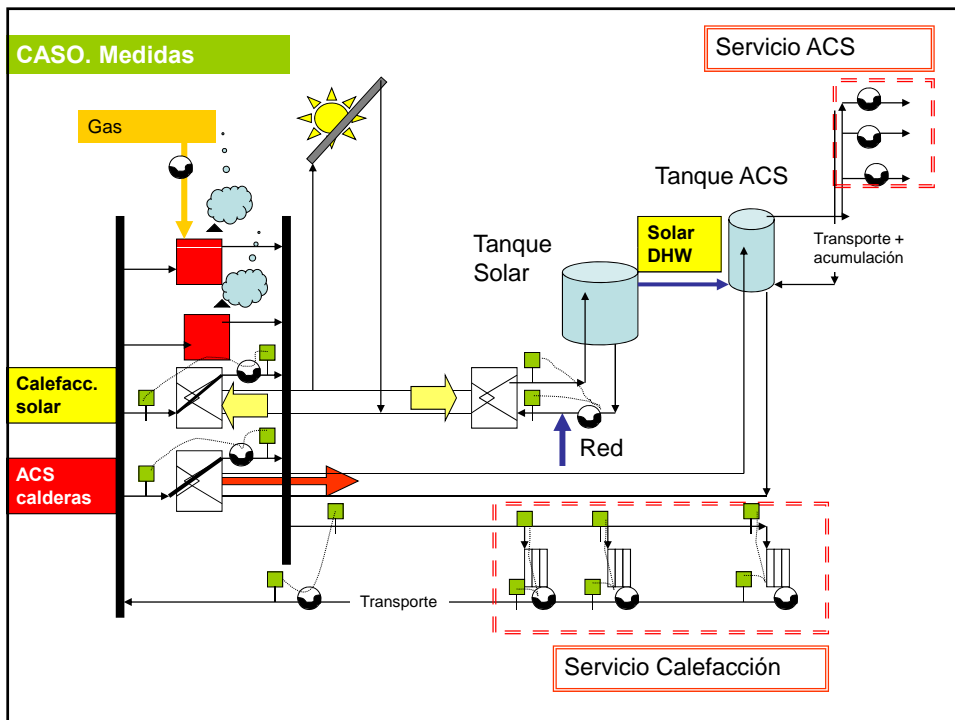
¿Qué ocurre cuando la actuación es una combinación de actuaciones?

[+] Incertidumbres estadísticas (uso y clima).

**CASO. Residencias en MADRID.**  
**Sistema centralizado.**  
**Empresa servicios energéticos**



Frecuencia temporal muestreo:  
 Cada semana se almacenan datos. 48 conjuntos anuales



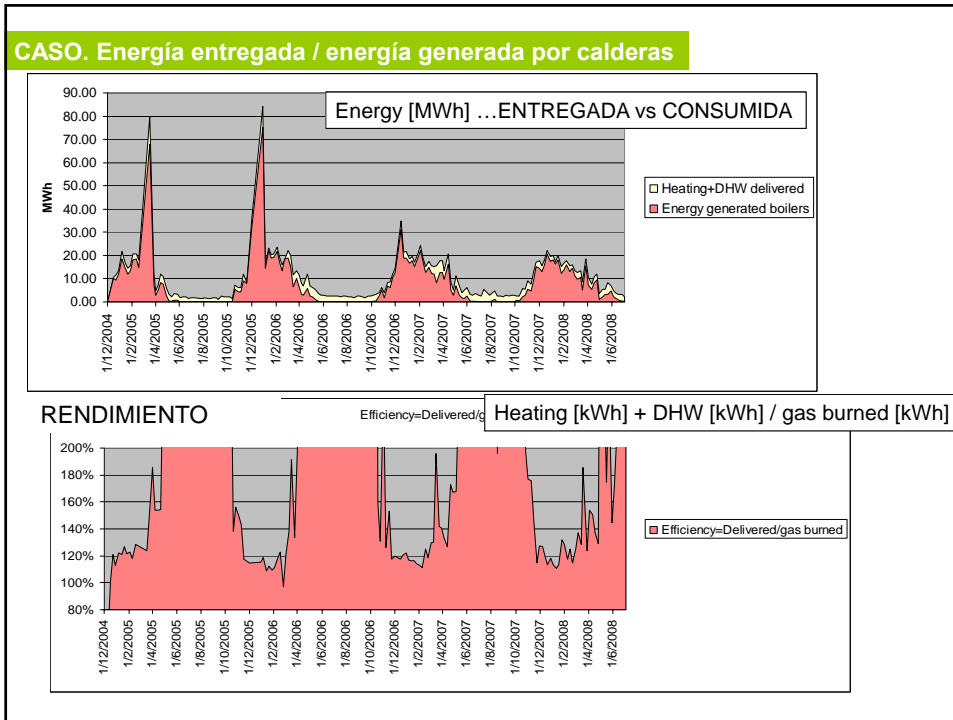
**CASO. Medidores en generación**

DHW-meter      **Generation-Recording**

Low Temp & condensing boiler      Gas meter      Data logger in the electric board

**Caso. Medidores en consumidores. ACS + Calefacción**

ACS      Calefacción



### ¿Quién o qué es responsable de qué? ¿en que medida?

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">Actuaciones</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <p>Aislamiento Acrisolamientos Reducción huecos Etc..</p> <div style="background-color: #d99; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>+</p> <p><b>USO</b></p> <p>(generador de demanda de servicio)</p> </div> <p>Cambiar termostatos sin afectar al confort</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">Actuaciones</div> <p>Cambiar equipos Cambiar sistema Equilibrado/ Esquema hidráulico Aislamiento tuberías</p> <div style="background-color: #92d050; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>+</p> <p><b>CONTROL</b></p> <p>(gestor para servir la demanda)</p> </div> <p>Mejorar el control / gestión del sistema</p>
---	---

¿Cuánto cuesta?

¿Qué efecto tiene?

### Simulación vs Medición. Calibración de los modelos

### Simulación vs Medición. Calibración de los modelos

Aunque existe algún intento sencillo,..... no existe – en mi conocimiento- un método estándar para ajustar un modelo en base valores medidos.

**Muy complejo.** Existen muchas variables que ajustar.

Datos clima pueden registrarse e introducirse en el modelo, pero **datos** de ocupación y uso del edificio son más **inciertos**.

En el proyecto europeo HARMONAC sobre auditorías energéticas en Aire Acondicionado:

*El efecto medido de una determinada actuación **coincide en %** (relativamente) con los resultados de los modelos aunque **no en valores absolutos**.*

*El modelo recoge la sensibilidad de las actuaciones.*

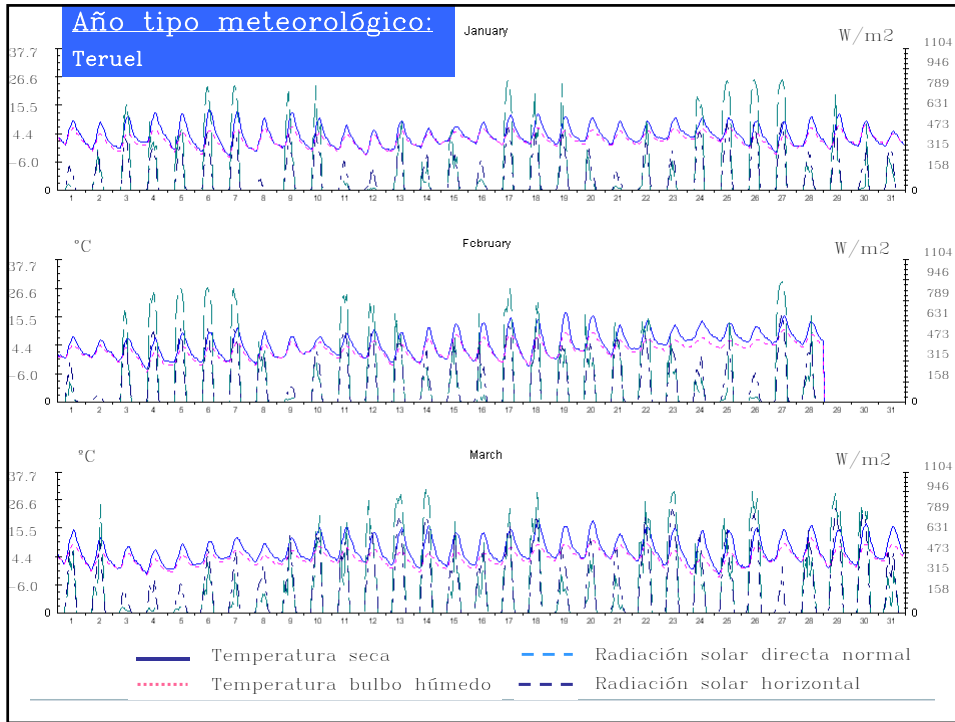
Ejemplo sencillo simulación. DOE2.2e

Teruel  
Valencia  
Sevilla

EJEMPLO: Edificio de oficinas  
3 zonas térmicas:

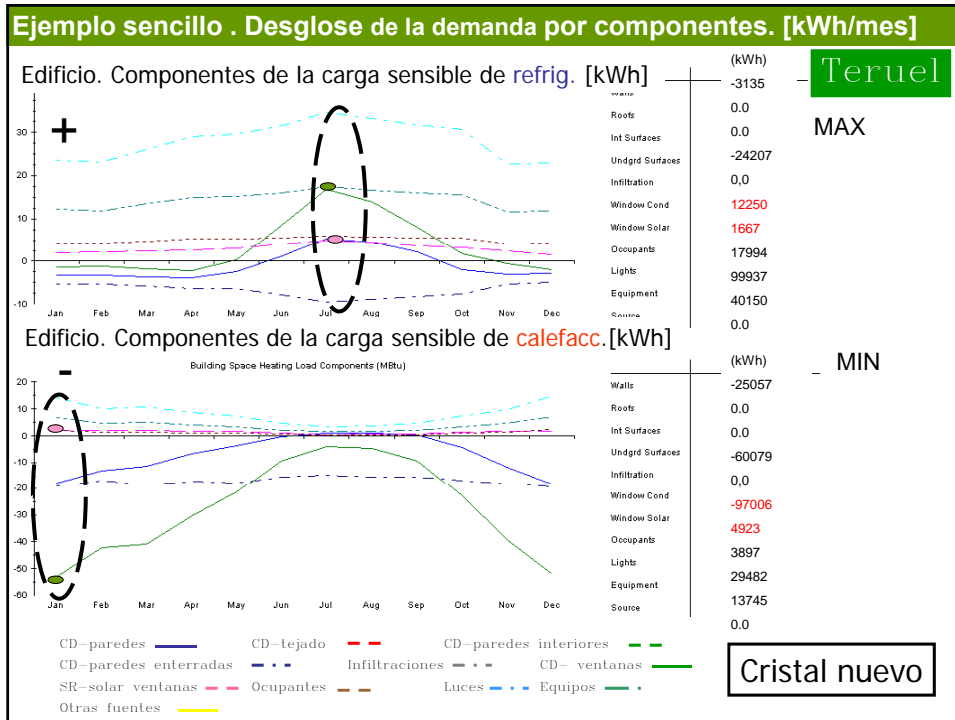
249 Equipos  
8W/m<sup>2</sup> (23kW)

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	Holiday
Week Schedule: Cooling SetPt WSch Assigned Dates: 1/1 - 12/31							
Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch	Cooling Setpt DSch

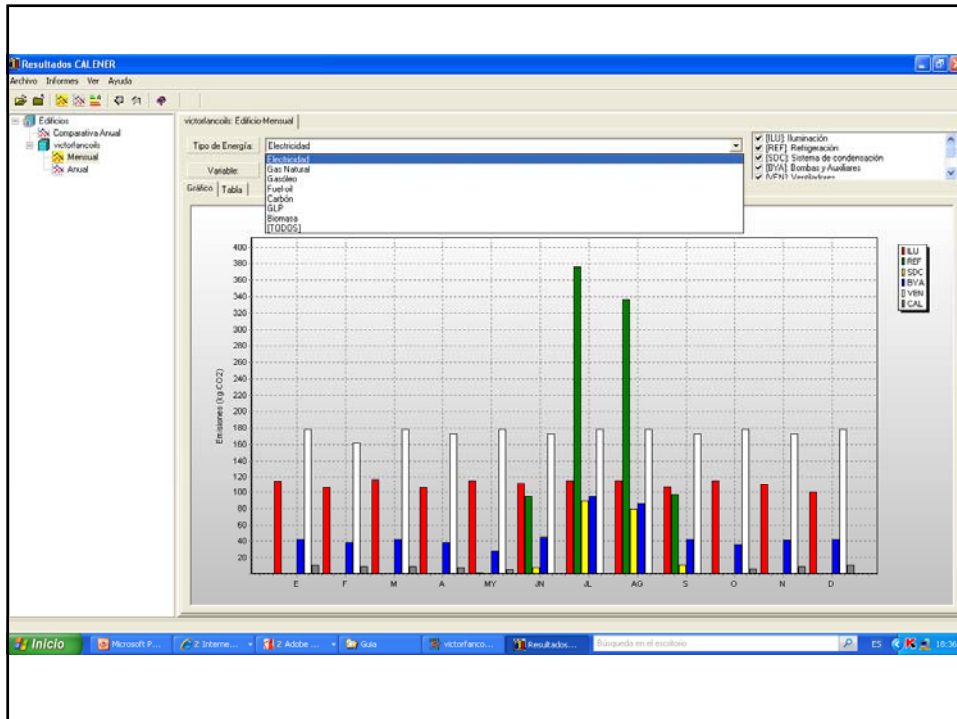
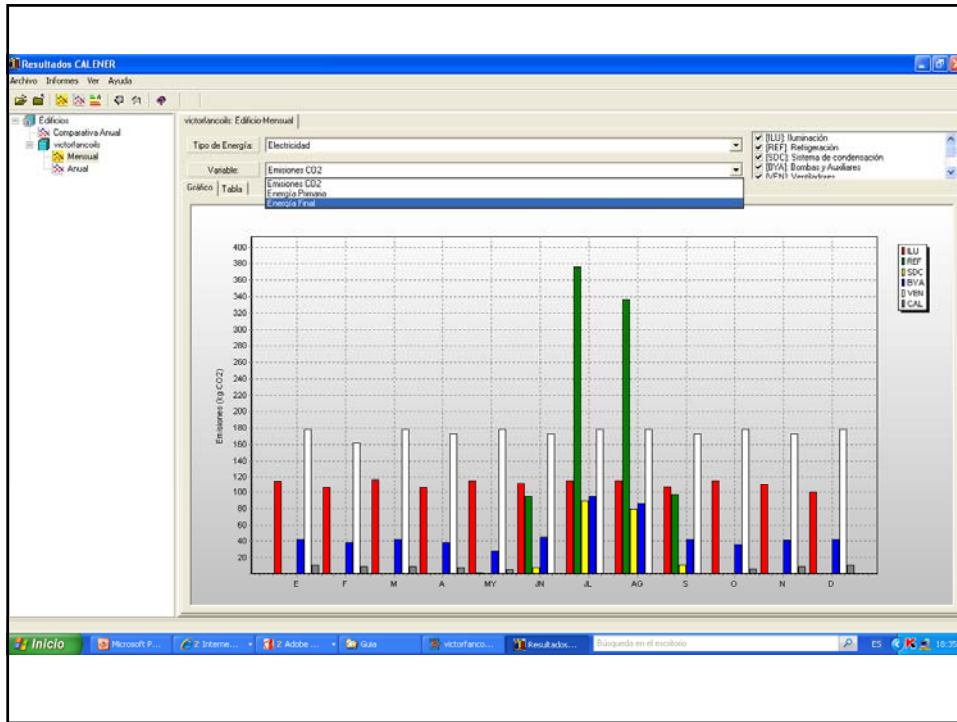


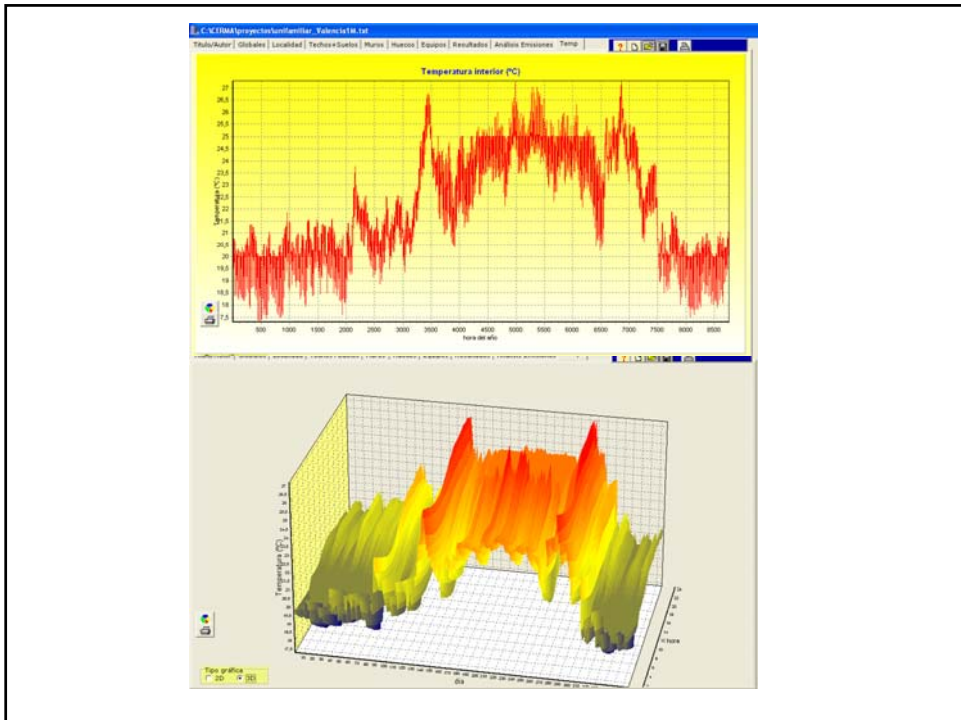
**Ejemplo sencillo . Efecto sobre el consumo y la potencia**

	Potencia (%)		Consumo (%)	
	Frio	calor	Frio	Calor
<b>Sistema siempre en marcha</b>				
<b>Valencia</b>	-30	-11	20	69
Edificio	-6	-7	45	76
Zona 1				
<b>Sevilla</b>	-17	-10	17	79
Edificio	-5	-7	30	88
Zona 1				
<b>Teruel</b>	-6	-9	14	40
Edificio	-8	-13	51	47
Zona 1				
<b>Nuevo muro. Mayor inercia térmica</b>				
<b>Valencia</b>	-7	-6	-2	-32
Edificio	-6	-5	-3	-24
Zona 1				
<b>Sevilla</b>	-6	-6	-2	-34
Edificio	-7	-5	-3	-27
Zona 1				
<b>Teruel</b>	-5	-4	-1	-21
Edificio	-11	-3	-5	-12
Zona 1				
<b>Eliminar aleros</b>				
<b>Valencia</b>	18	3	22	-12
Edificio	24	4	25	-11
Zona 1				
<b>Sevilla</b>	14	1	20	-13
Edificio	12	3	22	-9
Zona 1				
<b>Teruel</b>	17	14	28	-9
Edificio	20	13	23	-9
Zona 1				
<b>Cambio del acristalamiento</b>				
<b>Valencia</b>	-23	-21	-13	-41
Edificio	-16	-16	-15	-36
Zona 1				
<b>Sevilla</b>	-23	-21	-15	-44
Edificio	-18	-14	-17	-44
Zona 1				
<b>Teruel</b>	-17	-24	-13	-29
Edificio	-29	-25	-17	-21
Zona 1				



**Tipos de resultados**





Otros ejemplos de cosas que se pueden obtener...

### Otros ejemplos de cosas que se pueden obtener...

#### [ SISTEMAS ] – En tiempo de diseño o auditoría.

Impacto y uso de ENFRIAMIENTO GRATUITO ( FREE-COOLING)

Control temperatura

Control entálpico.

Uso de recuperadores para ventilación:

Sensible.

Entálpicos.

Comparación de sistemas.

( ¡atención a las restricciones en modelo-D y modelo-S de los sistemas!)

Sistemas de aire caudal constante, variable, etc..

Sistemas todo refrigerante.

Sistemas de producción; tipos caldera, BC , enfriadora,...

Potencial del uso de enfriamiento evaporativo.

Grado de confort.

Desglose de consumos por tipo de servicio.

Control

Sistemas de bombeo y distribución velocidad variable

...

#### [ ARQUITECTURA ]- En tiempo de diseño o auditoría.

Impacto de la orientación del edificio. Entorno.

Uso de elementos accesorios

Grado de iluminación natural.

Impacto de la compacidad.

Impacto del grado de aislamiento.

Ubicación del aislamiento y efecto según uso.

Impacto del tipo de acristalamiento.

...

### Complejidad de los cálculos.

Modelo-S

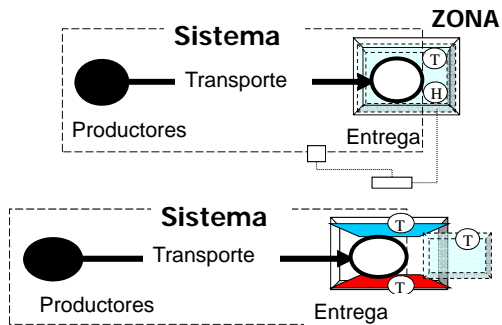
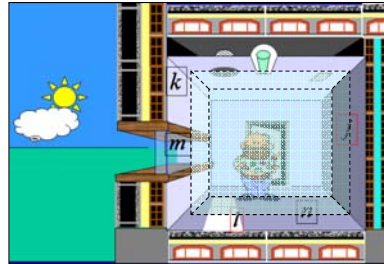
No existe un programa “universal”, son herramientas.



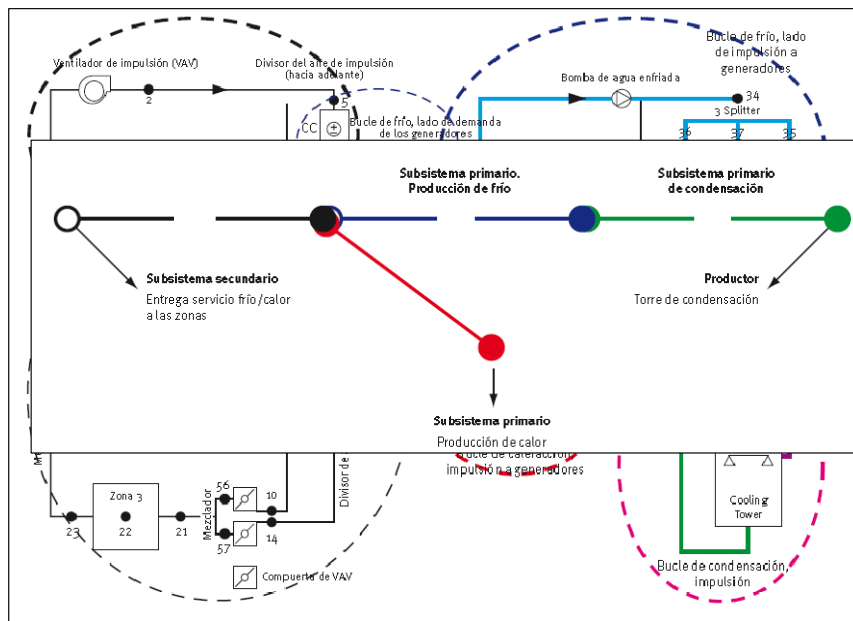
**Complejidad de los cálculos. Modelo-S**

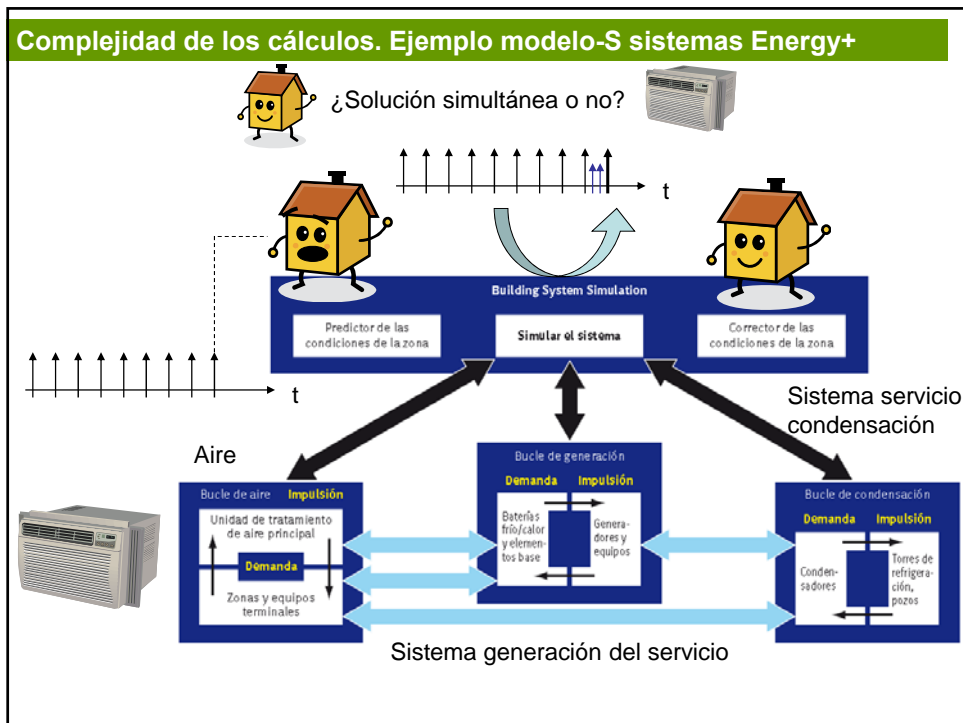
Complejidad definición de los sistemas:

- Productores (calderas, enfriadoras,..)
  - Comportamiento. Potencia,rend.
  - control
- Transporte (red distribución):
  - Aire
  - Refrigerante
  - Agua
  - control, pérdidas térmicas
- Entrega (confort):
  - Convectiva
  - Convectiva / radiante



**Complejidad de los cálculos. Ejemplo modelo-D // modelo-S (Energy+)**





**Complejidad de la introducción de datos.**  
**Generar el modelo-D (electrónico) en un PC.**

**Complejidad de la introducción de datos.**

Coste de la introducción de datos:

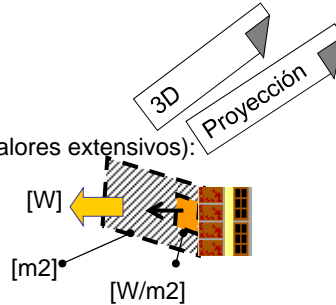
-Núcleo cálculo & interfase Comercial (Energy+ & Design Builder // OpenStudio)

Objetos **no geométricos** (vinculados a "física", valores específicos /m2, /m3):

- Soluciones constructivas
- cerramientos, cristales
- Distribución de la ocupación y carga latente y sensible.
- Distribución cargas internas.
- Iluminación.
- Aislamiento de tubería,...etc

Objetos **geométricos** (vinculados a "mediciones", valores extensivos):

- Área, longitudes.
- Orientaciones
- Factores de visión o geometría.
- Sombras proyectadas
- Etc...

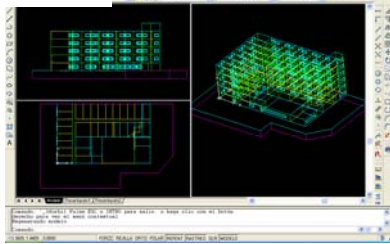


Objetos **topológicos**

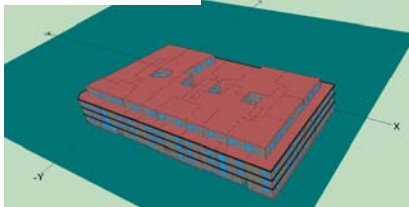
Sistemas- interconexión de componentes y de éstos con el edificio

**Complejidad de la introducción de datos. 3D**

CAD



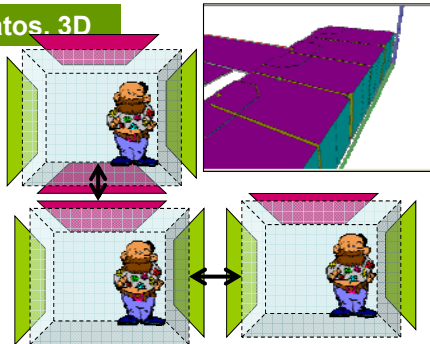
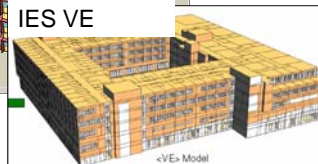
Lider / Calener



OpenStudio



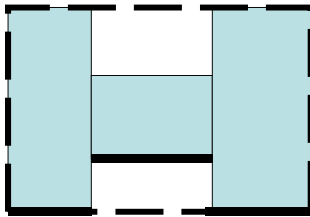
IES VE



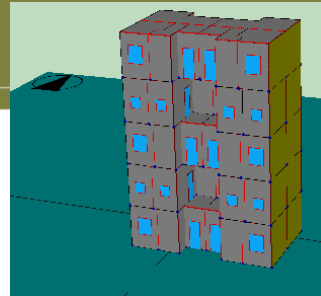
## Complejidad de la introducción de datos. Proyección “escalar”.

CERMA

(Certificación Energética Residencial Método Abreviado)



The screenshot shows the CERMA software interface. At the top, there are tabs for 'Tipo 1', 'Tipo 2', and 'Tipo 3'. Below the tabs is a table with columns for 'Área total (m²)', 'Área con impermeabilización horizontal (m²)', and 'Área expuesta al Sol (m²)'. The table is divided into three sections for Tipo 1, Tipo 2, and Tipo 3, each with rows for 'Extensión N.', 'Extensión O.', 'Extensión SO.', 'Extensión S.', 'Extensión SE.', 'Extensión E.', and 'En Sombra.'. A 3D model of a building is shown on the right side of the interface. Below the table is a compass rose and a checkbox labeled 'Posición Sol'.



## Software / Hardware. (uf! otro mundo)

### [Software tipo LICENCIA ]

Pago por licencia (comercial)

Descargable código cerrado

Descargable código abierto (previo pago)

Descargable código abierto (licencia no modificable)

Descargable código libre (GPL- general public license)

(afecta tanto al núcleo de cálculo –modelo-S como a la interfaz de usuario - generación del modelo-D- )

### [Software tipo Sistema operativo – SO ]

Windows ( XP, Vista, 7)

GNU-Linux ( Debian, Ubuntu, Fedora Red Hat...)

Mac

Etc..

### [ Hardware Máquinas CPU ]

32 bits – hasta 3 GB RAM

64 bits – función SO hasta 128 GB

Software.	
BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics)	Estadounidense
Bsim (Building Simulation)	Danés, Instituto Danés de la construcción
DeST	China, Tsinghua University
DOE2.1 (Department Of Energy)	Estadounidense
ECOTECH	Estadounidense, ECOTECH marca registrada de Auto Desk
EnerWin	Estadounidense
EnergyExpress	Australiano, (Centro estudios CSIRC)
Energy-10	Estadounidense, Universidad Wisconsin, NREL-National Renewable Energy Laboratories
EnergyPlus	Estadounidense, DOE, Lawrence Berkeley National Laboratory, Sucesor del DOE2 y BLAST
eQUEST	Estadounidense
ESP-r	Dr. técnico, Universidad Strathclyde Glasgow Escocia
HAP (Hourly Analysis Program)	Estadounidense, Compañía que produce equipos CARRIER
HEED (Home Energy Efficient Design)	Estadounidense, Departamento de Arquitectura de la Universidad de California
IDA-ICE (Indoor Climate Energy)	Sueco, Instituto sueco de matemáticas aplicadas, En 1995 se fundó una empresa EQUA con origen en ese Instituto
IES <VE> Integrated Environment Solutions <Virtual Energy>	Dr. técnico, Empresa IES Ltd, Alianza con Google SketchUp
PowerDomus	Brasileño
SUNREL	Estadounidense, Universidad Wisconsin, NREL-National Renewable Energy Laboratories
TAS Thermal Analysis of Buildings	Británico, Compañía EDSL Ltd
TRACE	Estadounidense, Compañía productora de equipos, TRANE
TRNSYS – Transient of Systems	Estadounidense, Universidad Wisconsin, NREL-National Renewable Energy Laboratories

Software.																					
<b>Tabla 4 Generales</b>		Blast	Bsim	DeST	DOE2.1E	ECOTECH	EnerWin	Energy Express	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HAP	HEED	IDA ICE	IES <VE>	PowerDomus	SUNREL	Tas	TRACE	TRNSYS
<b>Solución de simulación:</b>																					
- Cálculo secuencial: cargas/demanda (Edificio) >> sistemas >> plantas		X			X																X
- Producción de recursos energéticos sin realimentación		X <sup>a</sup>	X	X			X	X	X <sup>a</sup>	X	X <sup>b</sup>	X <sup>c</sup>	X	X	X	X	X	X <sup>d</sup>	X		X
Cálculo simultáneo del conjunto: edificio + sistemas + plantas producción			X						X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X

Gracias por su atención

