



## MR-REH. Retos en el parque de edificios existentes. Rehabilitación de edificios.

### LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DESDE UNA VISIÓN ENERGÉTICA. PROYECTO REHENERGÍA

Margarida Plana Turró  
Directora de Proyectos del Departamento de Energía  
Instituto Cerdá



**La rehabilitación energética desde una  
visión energética.  
Proyecto RehEnergía**

**MR-REH. Retos en el parque de edificios existentes.  
Rehabilitación de edificios**

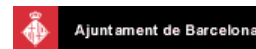
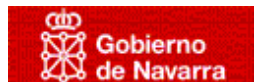
Madrid, 1 de diciembre de 2008

El proyecto Reenergía se inició en 2005 con el objetivo de **estudiar el potencial** de la rehabilitación energética en el parque de edificios existente.

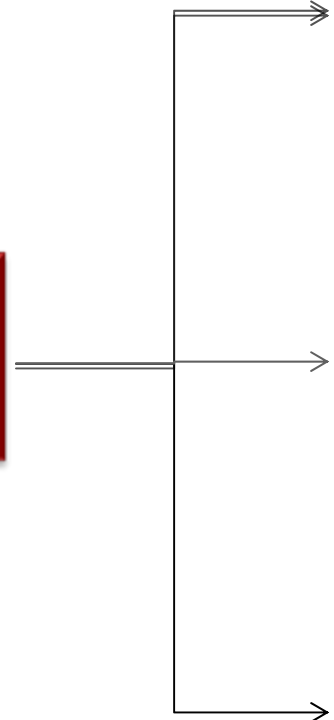
El proyecto ha ido evolucionando a lo largo de los últimos tres años para desarrollar **herramientas y mecanismos de promoción** e implantación de la rehabilitación energética.

En la actualidad el proyecto está centrado en **difundir** el conocimiento generado y en desarrollar herramientas para la **calificación energética de edificios existentes**.

**El proyecto se ha desarrollado gracias al apoyo de:**



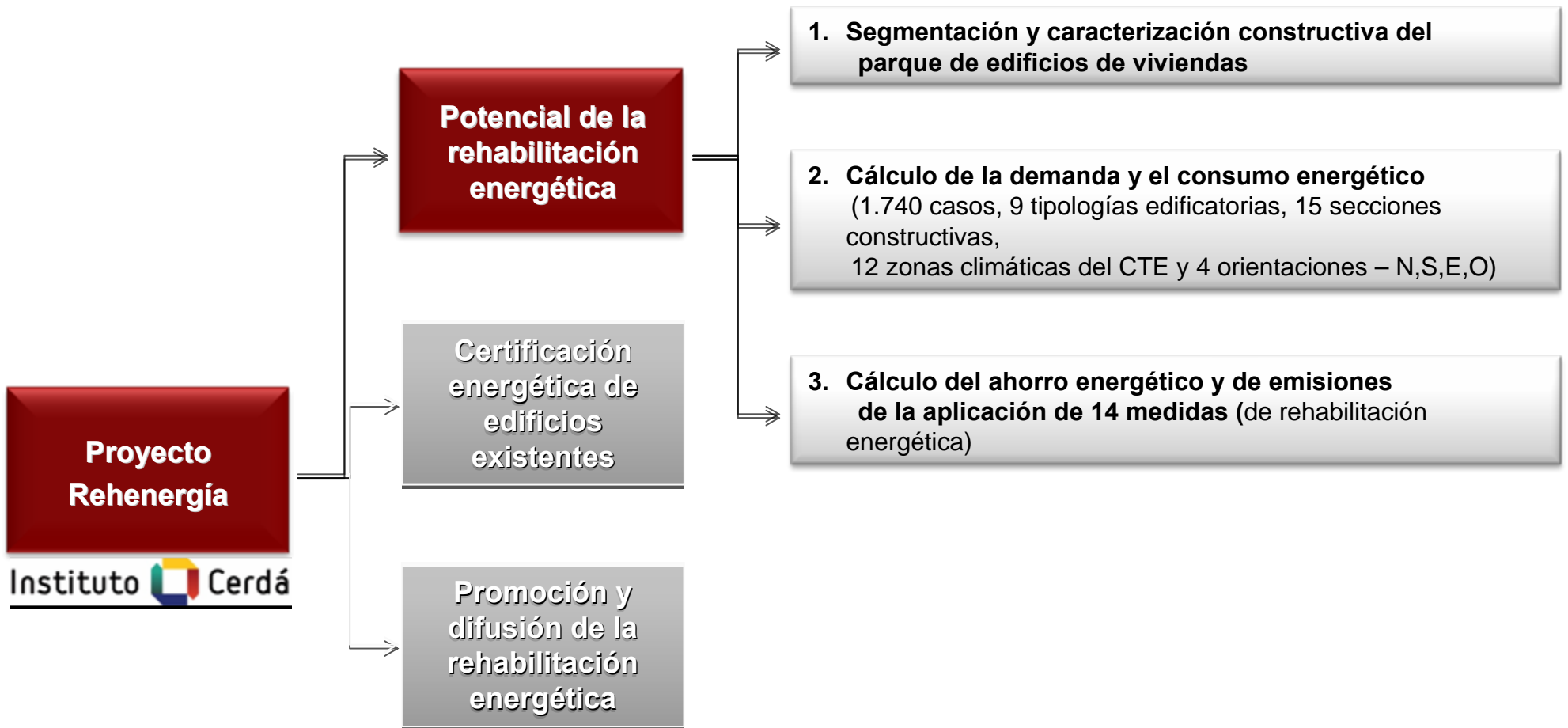
**Proyecto  
Reenergía**



**Potencial de la rehabilitación energética**

**Certificación energética de edificios existentes**

**Promoción y difusión de la rehabilitación energética**



**Paso 1**

**1.740 simulaciones energéticas de edificios de viviendas**



Se dispone de la **demanda** de energía, del **consumo** de energía (total y por usos) y de las **emisiones** de CO<sub>2</sub>

- Para las 12 zonas climáticas (CTE)
- Para 4 orientaciones (N, S, E, O)
- Para un total de 9 tipologías edificatorias
- Para un total de 15 secciones constructivas

**Paso 2**

**Relación de 14 medidas de rehabilitación energética**



Se dispone del **ahorro** de energía, del ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> y de la relación coste/ahorro

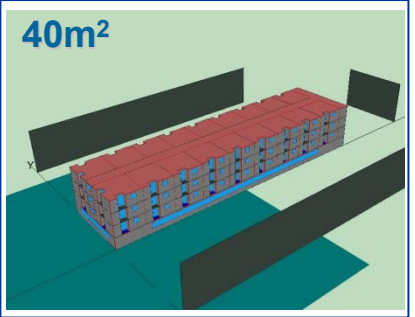
Para las 12 zonas climáticas (CTE), para 4 orientaciones (N, S, E, O), para un total de 9 tipologías edificatorias, para un total de 15 secciones constructivas

**= 35.000 simulaciones**

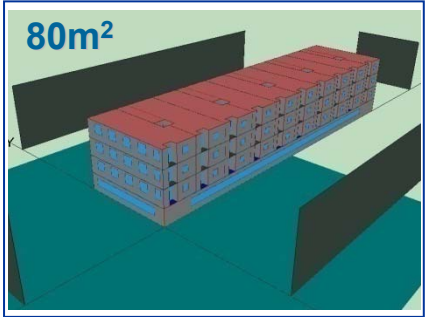
*Con la colaboración del Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrassa de la Universitat Politècnica de Catalunya*

**AT1 – Compacto lineal**

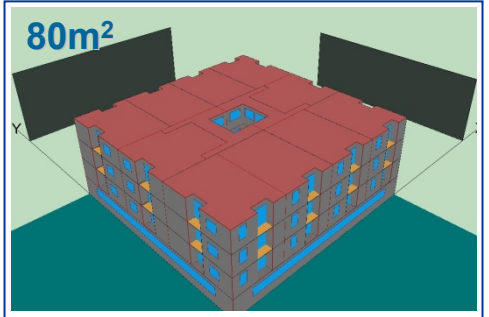
AT1a



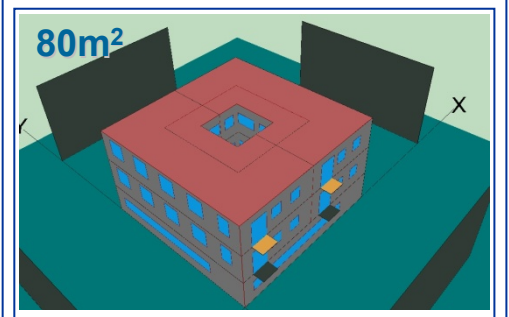
AT1b



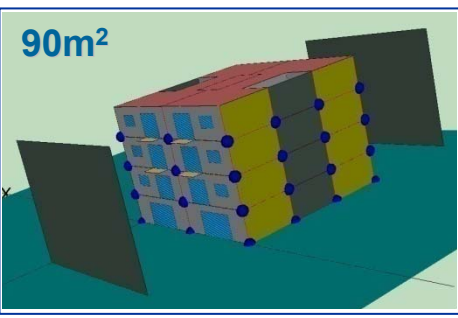
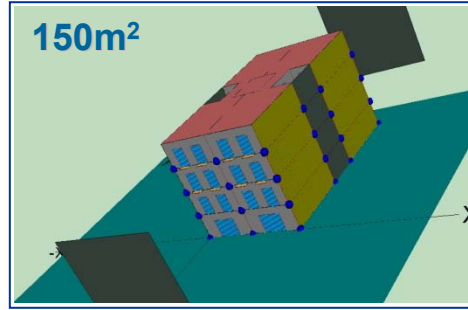
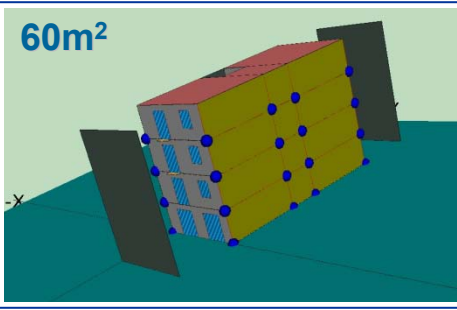
**AT2 – Torre**



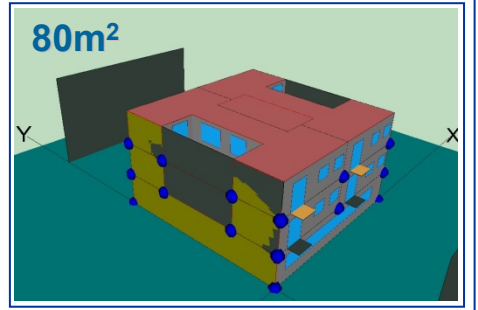
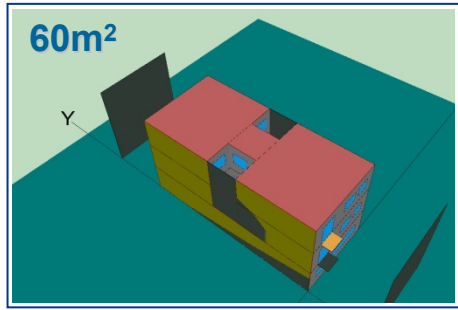
**AT3 – Cubo**



**MT4 – Alto**



**MT5 – bajo**



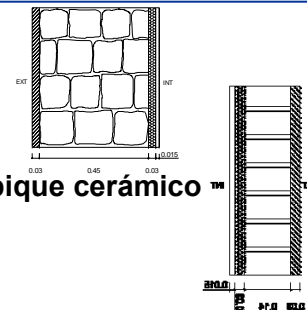
En colaboración con:

- COAC
- Andima
- Asefave
- Técnicos municipales

Las secciones consideradas son:

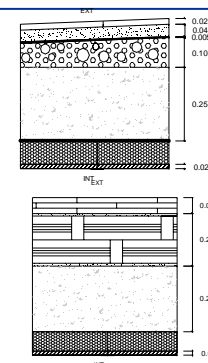
**Secciones constructivas fachadas**

- F1: mampostería de piedra**
- F2: fábrica de ladrillo macizo**
- F3: fábrica de ladrillo perforado o hueco, cámara de aire, tabique cerámico**
- F4: Fábrica de ladrillo perforado o hueco, cámara de aire, aislante térmico, tabique cerámico**
- F5: bloques de hormigón**
- F6: paneles prefabricados de hormigón**



**Secciones constructivas cubiertas**

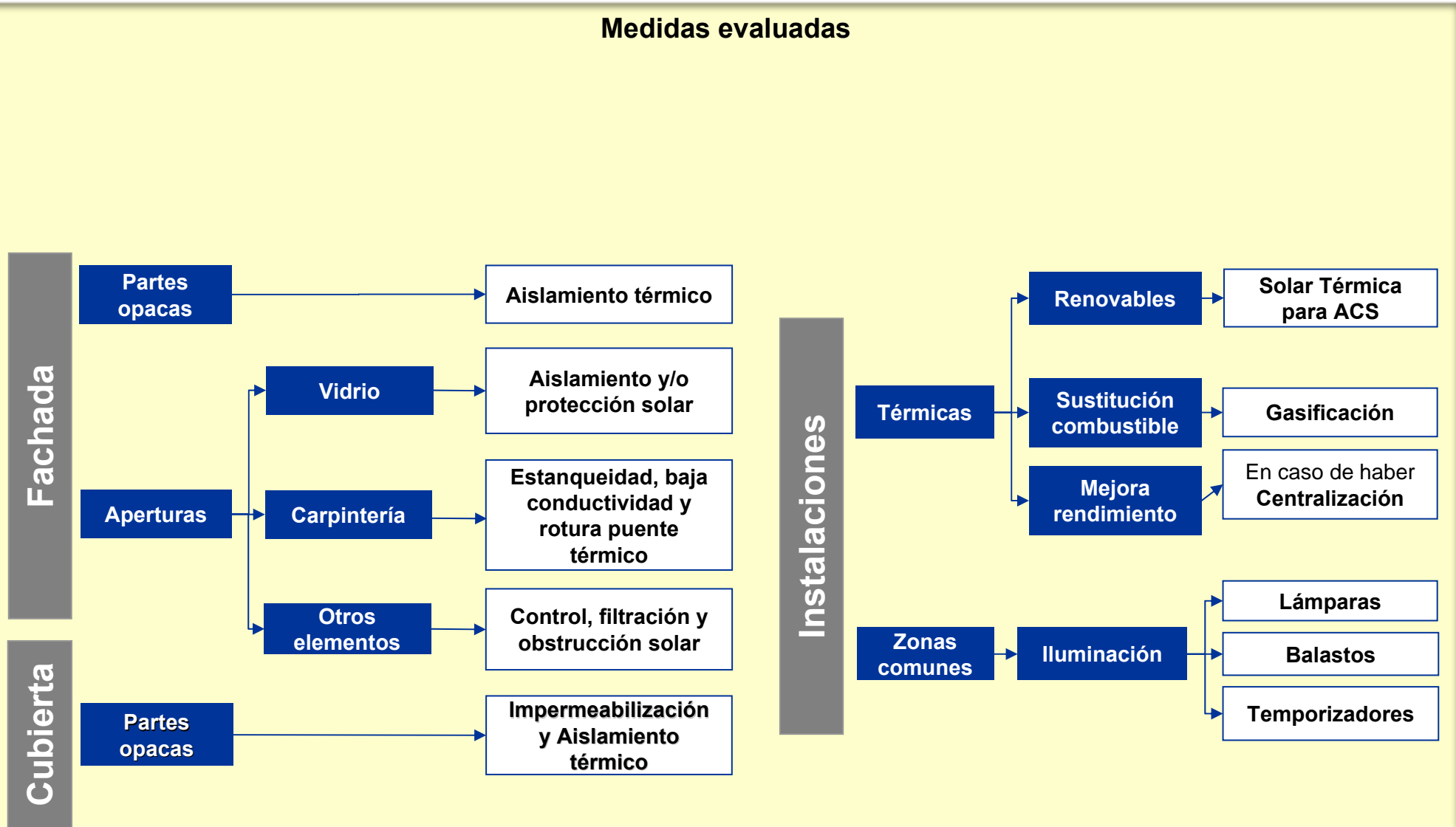
- C1. Pesada**
  - C11. No asilada**
  - C12. Aislada**
  - C13. Ventilada**, con tabiquillos conejeros (sólo en el caso de cubierta plana)
- C2 . Ligera** (dada su representatividad en el parque de edificios)
  - C21. No aislada**
  - C22. Aislada** (sólo en el caso de cubierta inclinada)



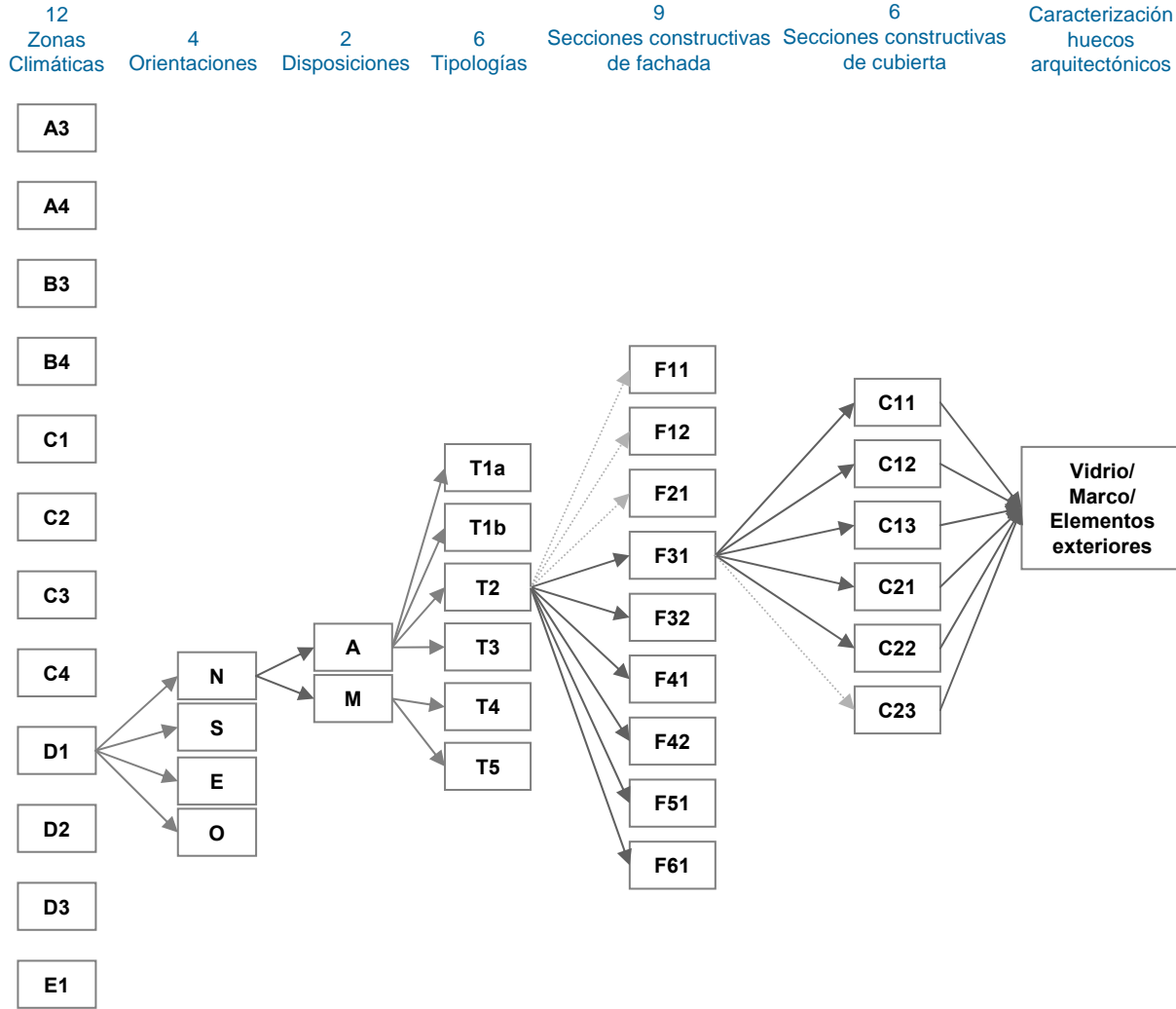
**Aperturas**

- Vidrio:** Vidrio monolítico
- Marco** (se ha asignado según forma arquitectónica básica del edificio y sección constructiva de la fachada):
  - Metálico sin rotura de puente térmico
  - Madera
- Elementos exteriores**
  - Persianas exteriores blancas
  - Persianas de madera

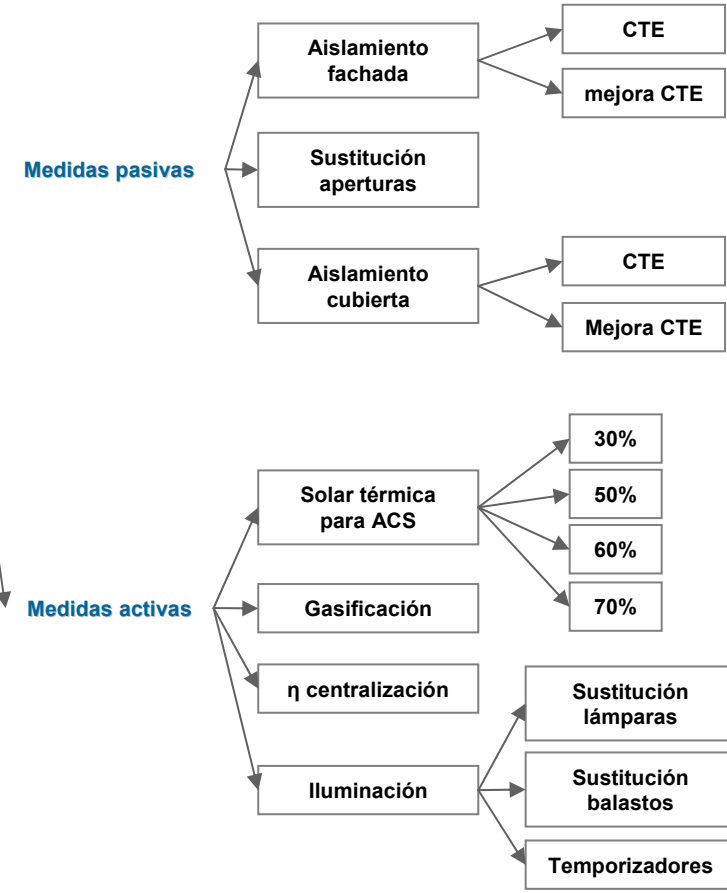
Medidas evaluadas



### Escenario inicial



### Medidas aplicadas



**Paso 1**

**9 tipologías de edificios de viviendas caracterizadas constructivamente**



**Paso 2**

**Reducción de la demanda energética**

**Ahorro energético en relación al consumo total del edificio:**

- **Fachada: 5-16%**
- **Cubierta: 4-14%**
- **Huecos arquitectónicos: 3-10%**

**Implantación de energías renovables y cambio de combustible**

**Ahorro energético en relación al consumo total del edificio:**

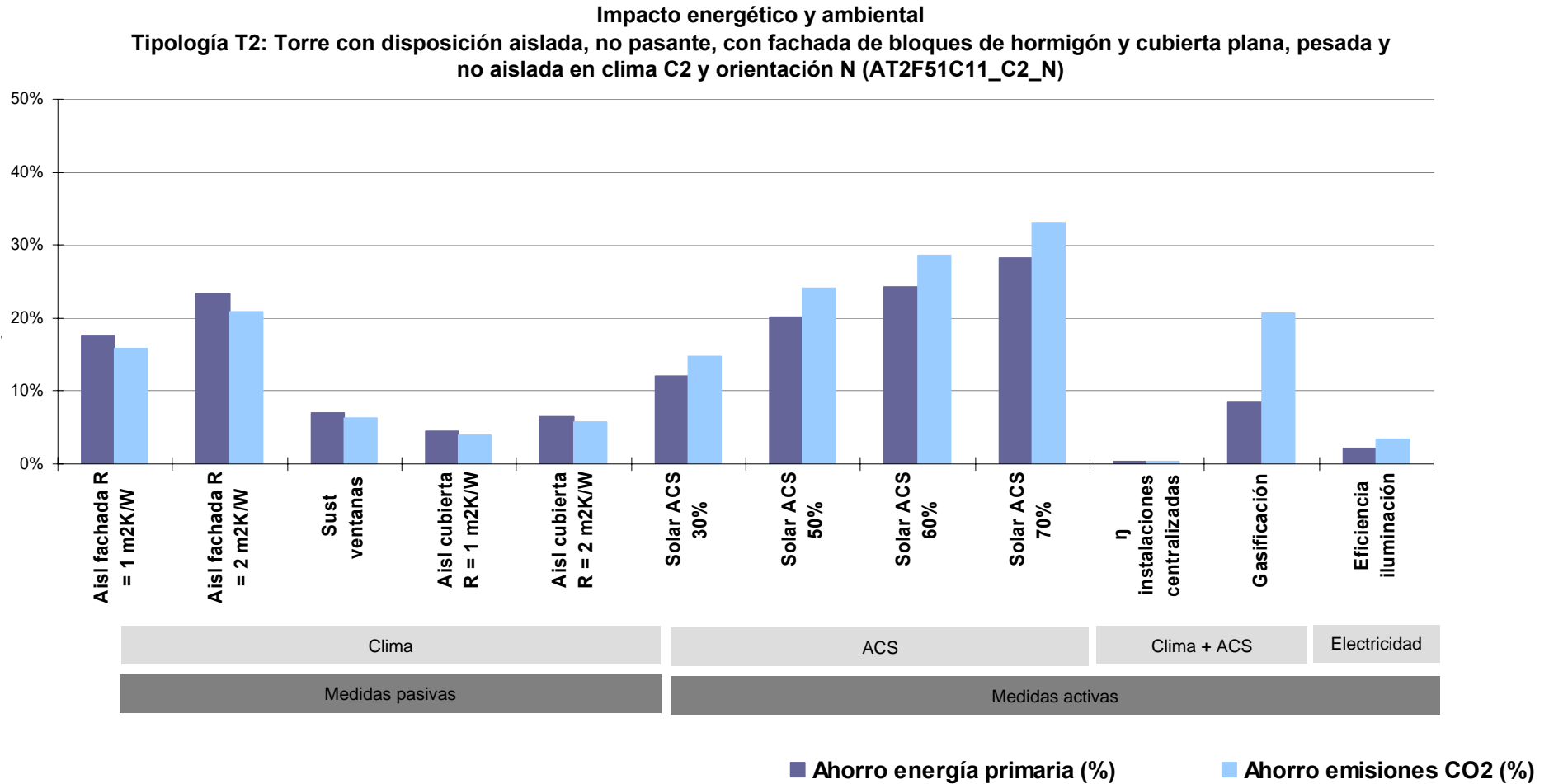
- **Energía solar térmica para ACS: 15-30%**
- **Gasificación: 5-10%**

**Mejora eficiencia energética**

**Ahorro energético en relación al consumo total del edificio:**

- **Mejora eficiencia energética de**
- **Equipos de iluminación: 3-8%**

A modo de ejemplo, se presentan los resultados de impacto energético y ambiental obtenidos para una tipología, sección constructiva y orientación concreta.





Con los resultados de demanda energética en calefacción y refrigeración del Rehenergía 2006



Se han obtenido los modelos estadísticos,

**Modelo 1;  $DM1 = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots$**

**Modelo 2:  $DM2 = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots$**

donde  $DM1, DM2, \dots$  : son la demanda obtenida con cada modelo

$a_0, a_1, \dots; b_0, b_1, \dots$  : son constantes del modelo

$x_1, x_2, \dots$  : variables del modelo (p.ej:  $m_2$ , zona climática, orientación, ...)



El objetivo ha sido **obtener una expresión que ligue la demanda de energía calculada con el LIDER con las variables características del edificio**

*Con la colaboración del Departamento de Estadística de la Escola d'Enginyers Industrials de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya*

## Modelo: Demanda de climatización en la zona climática D1

### Expresión

$$D_{\text{climatización}} (\text{kWh/m}^2) = - 91,66$$

+ 106,08	x	Disposición
- 52,411	x	N Plantas
+ 548,95	x	% Huecos
+ 0,05049	x	Superficie
- 0,79682	x	Ancho Fachada
- 4,9365	x	Profundidad
+ 11,308	x	Patio
+ 23,666	x	$U_{\text{Fachada}}$
+ 18,865	x	$U_{\text{Cubierta}}$
+ 7,797	x	$U_{\text{Ventana}}$
+ 7,036	x	$\text{Disp} * U_{\text{Fachada}}$
- 11,410	x	$\text{Disp} * U_{\text{Ventana}}$

Interacción entre variables



### Codificación de variables

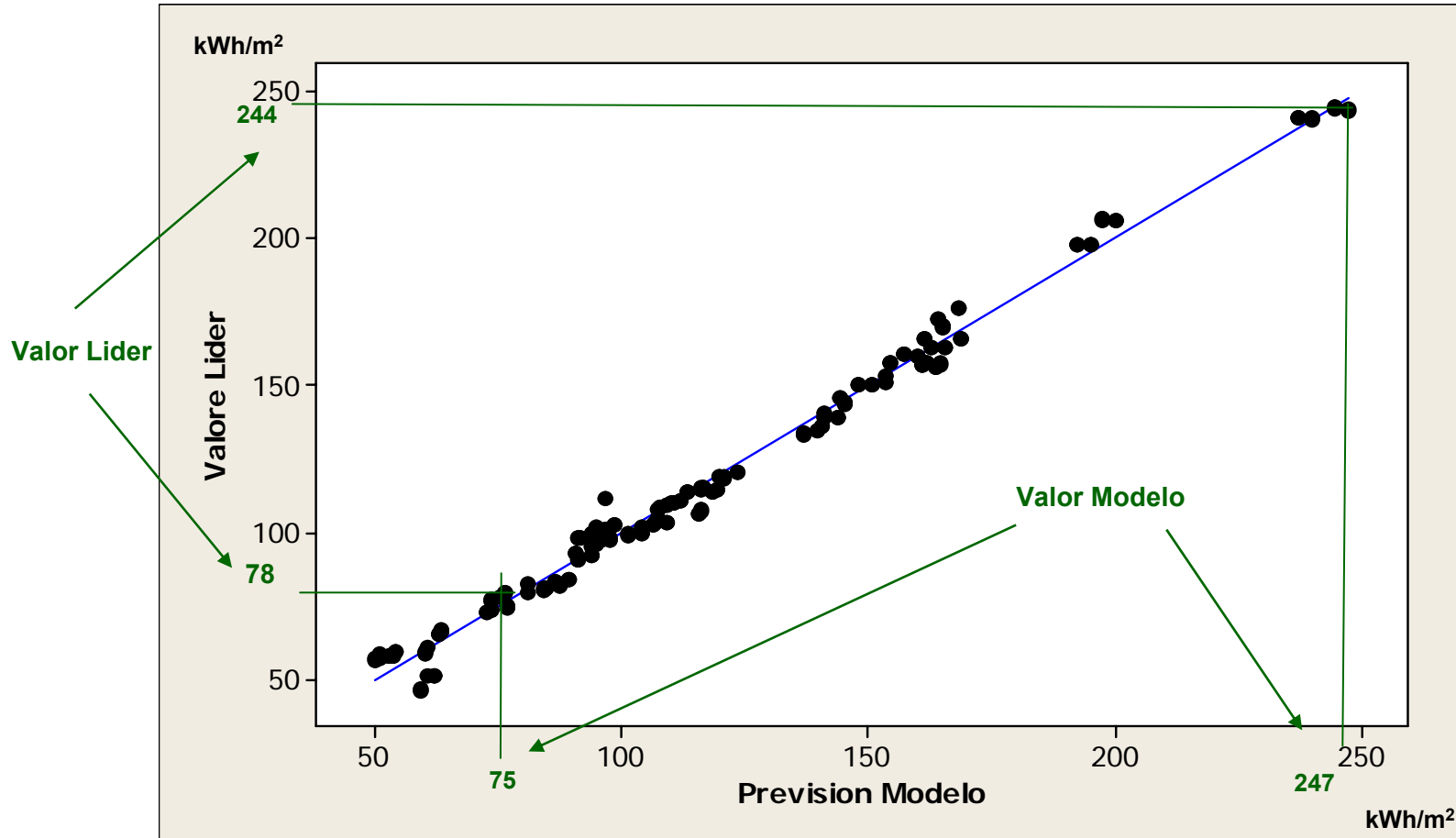
- Disposición: 0 si Entre Medianas, 1 si aislada
- Patio: 0 si no tiene, 1 si tiene

### Medidas de Calidad del Ajuste

- $R^2_{\text{Ajustada}} = 98,9\%$  → % de variabilidad inicial que explica el modelo
- $S_{\text{residual}} = 4,79$

Medida de lo alejados que están los resultados del modelo de los datos de Lider. El 95% de las predicciones no se aleja más de  $\pm 2 \cdot S_{\text{residual}}$

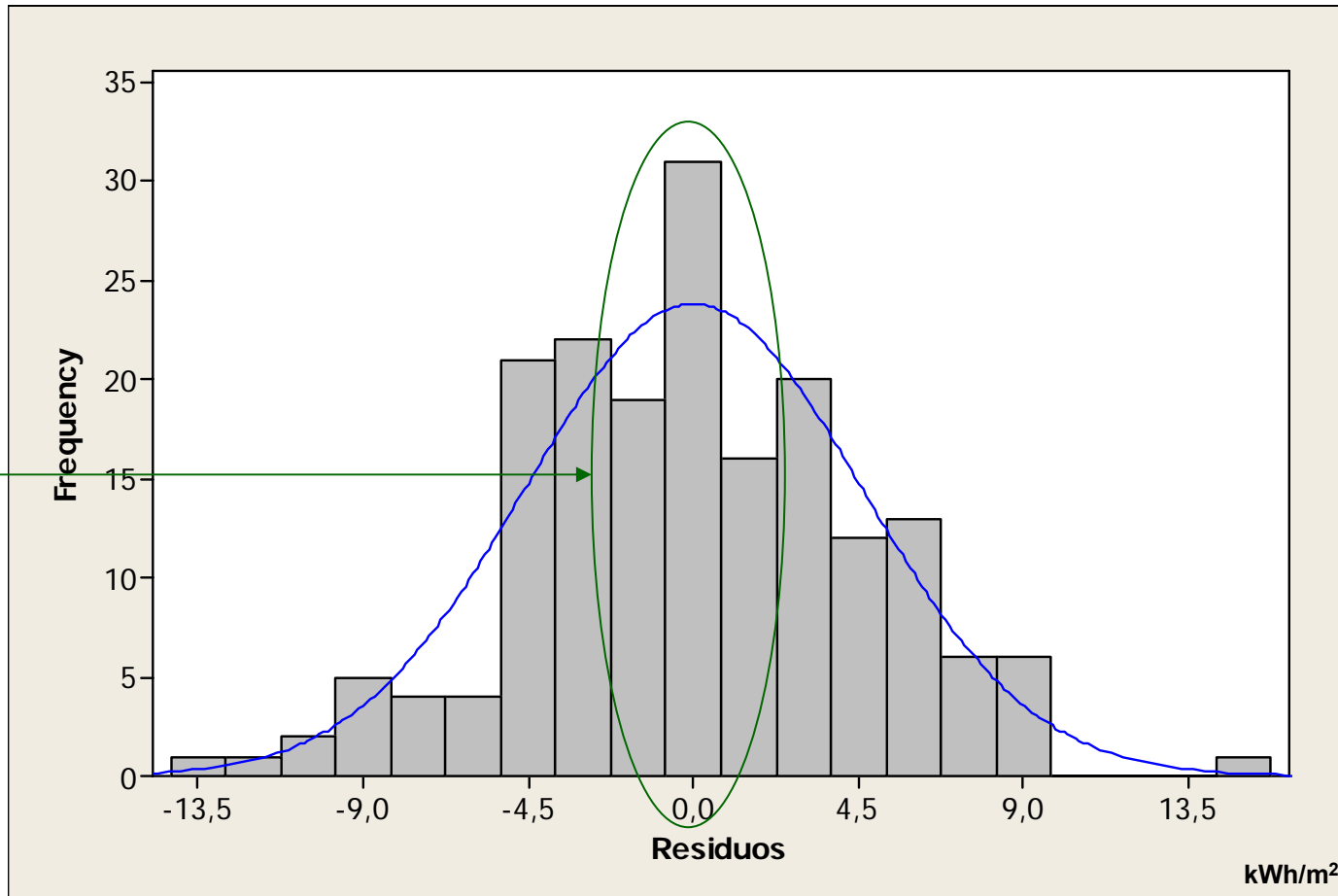
Valores previstos por el Modelo versus datos de demanda energética obtenidos con el líder



**La poca dispersión de los resultados del modelo en relación a los datos originales, da una idea de lo bien que se ajusta el modelo a los valores obtenidos en Líder.**

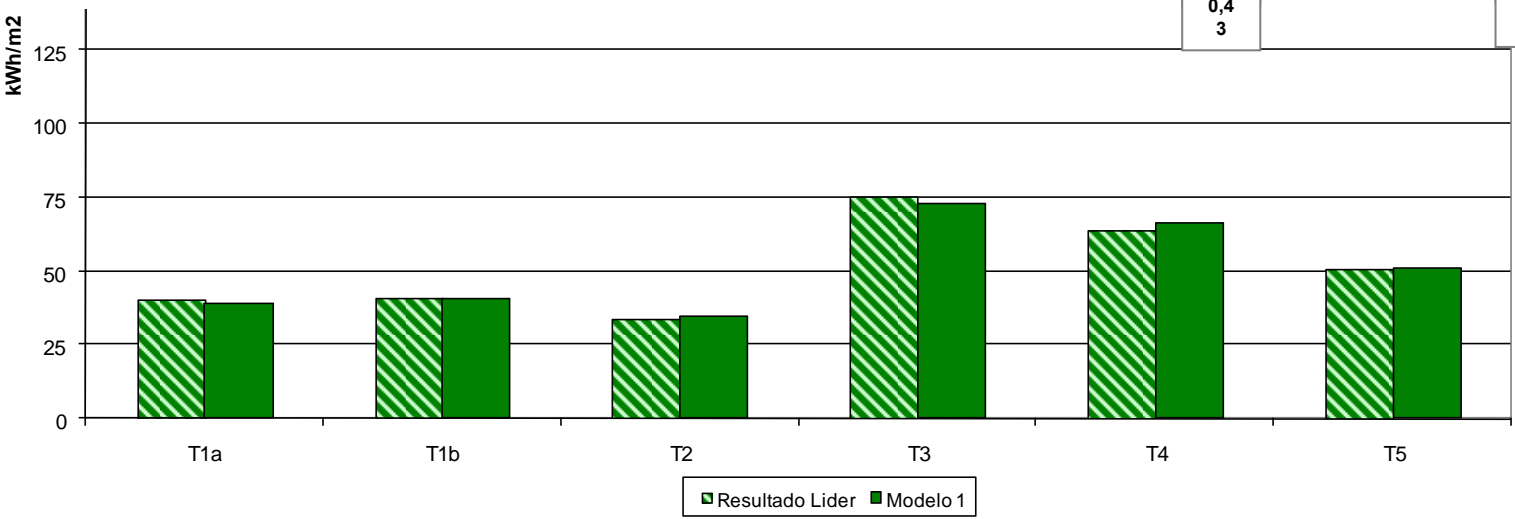
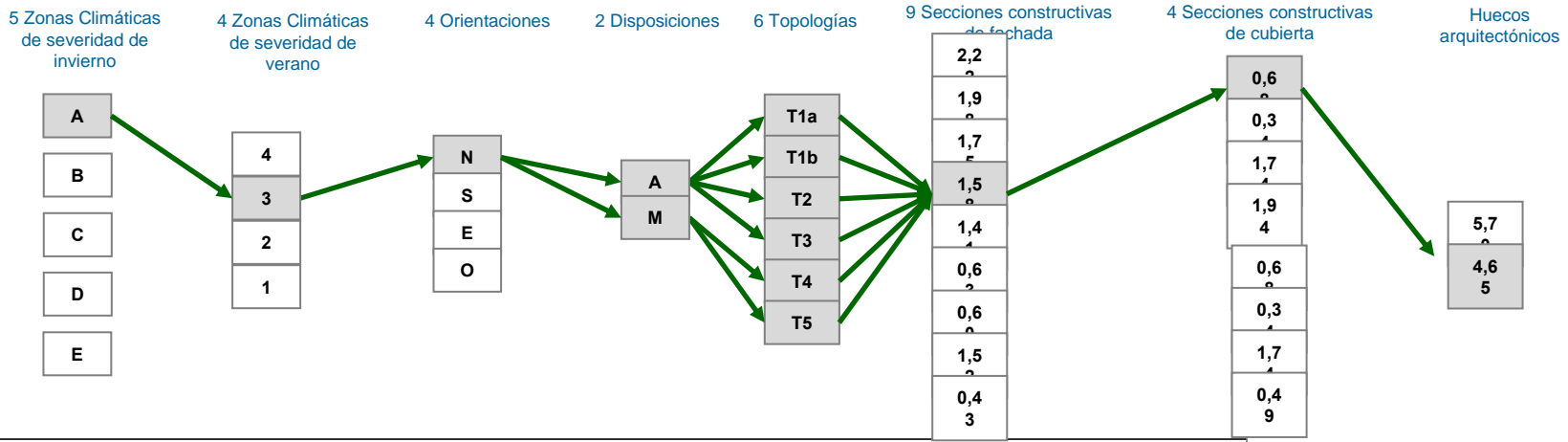
El histograma de residuos proporciona información sobre la distribución de los resultados obtenidos en función de su diferencia con la predicción del modelo.

Resultados del modelo que NO difieren del dato Lider



**Error de predicción (residuo):**  
[-12,9 : 14,6]

## Comparativa de la demanda de climatización en la zona A3, par la sección constructiva de ladrillo perforado con cámara de aire y tabique cerámico y sección de cubierta no aislada – datos LIDER vrs modelo obtenido



- T1a: Compacto lineal con disposición aislada, no pasante
- T1b: Compacto lineal con disposición aislada, pasante.
- T2: Torre con disposición aislada
- T3: Cubo con disposición aislada
- T4: Alto con disposición entre medianeras
- T5: Bajo con disposición entre medianeras

**Aplicación de los  
modelos**

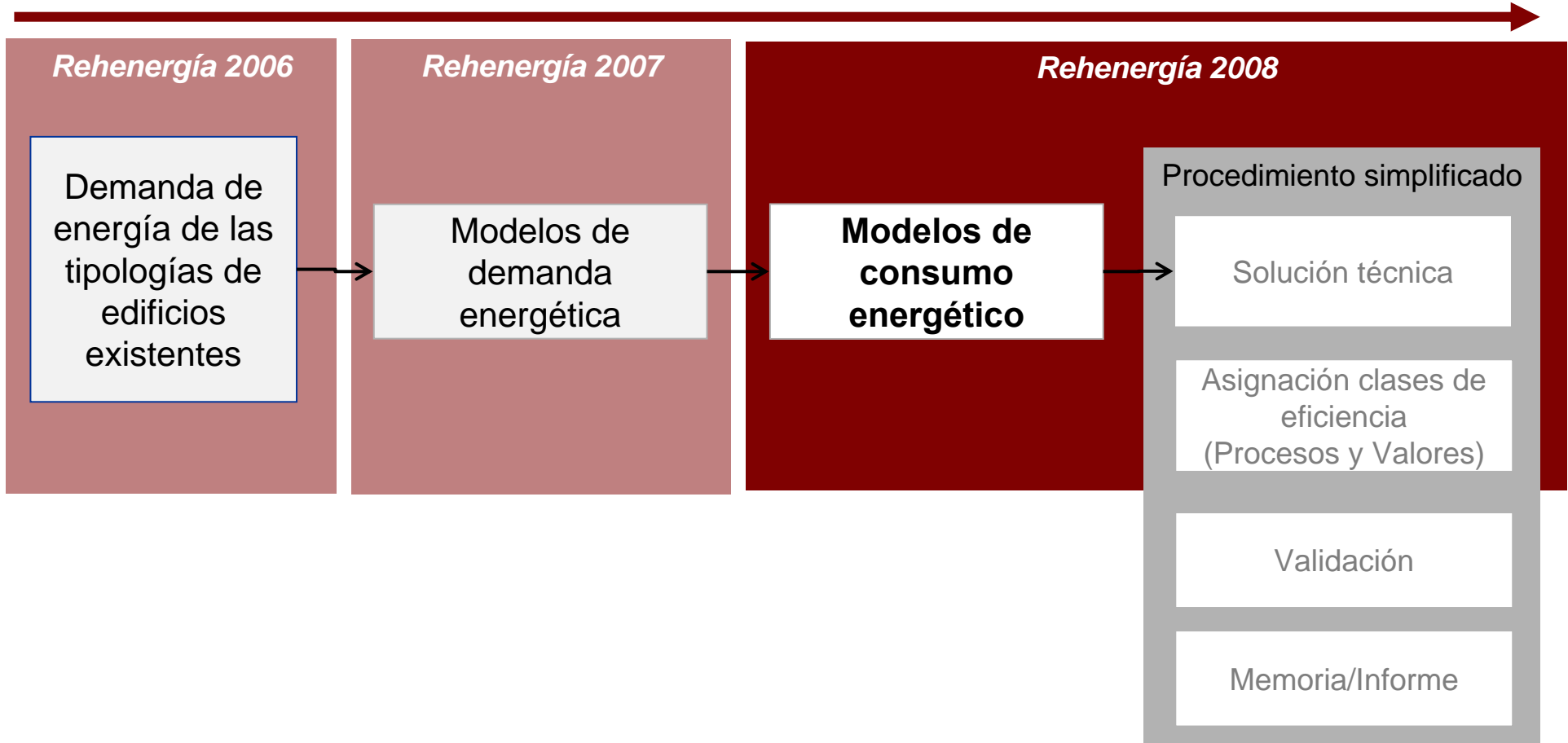
Expresión matemática del  
comportamiento energético  
de los edificios existentes

**Aplicación 1**  
**Herramienta de cálculo de la demanda  
energética de edificios existentes**  
**1 a 1**

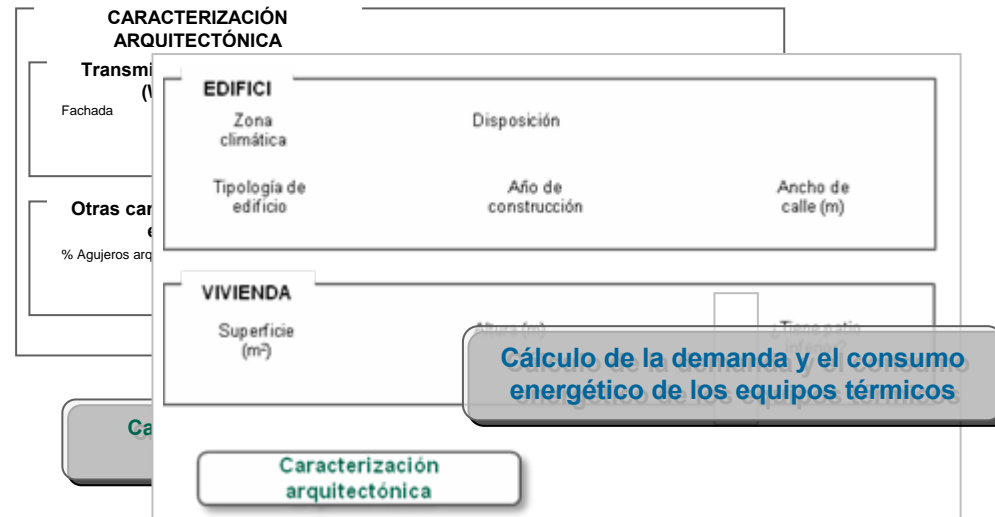
**Aplicación 2**  
**Evaluación de la situación actual del  
parque edificatorio**  
Zonas de rehabilitación, barrios...



**Se está trabajando en un procedimiento de Calificación energética de edificios existentes**



***Pendiente del decreto sobre certificación de edificios existentes***



$$C \text{ (kWh/m}^2\text{)} = C_{\text{calef}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} + C_{\text{ref}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} + C_{\text{ACS}} \text{ (kWh/m}^2\text{)}$$

$$C_{\text{calef}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} = D_{\text{calef}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} * \eta_{\text{calef}}$$

$$C_{\text{ref}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} = D_{\text{ref}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} * \eta_{\text{ref}}$$

$$C_{\text{ACS}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} = D_{\text{ACS}} \text{ (kWh/m}^2\text{)} * \eta_{\text{ACS}}$$

Modelos matemáticos

Formulación Normativa

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

2007 REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

**RD 47/2007**  
Procedimiento básico

Para obtener la calificación hay dos opciones:

4.2.a  
Opción general

... desarrolla metodología del Anexo I

4.2.a.i. Proceso de referencia:  
Programa informático CALENER

4.2.a.ii. Proceso alternativo:  
Programa informático detallado

4.2.b  
Opción simplificada

... Desarrolla la metodología del Anexo I de una forma indirecta

Proceso alternativo: "Documento reconocido" que debe inscribirse en el registro

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

1. Este Procedimiento básico es de aplicación en:
  - a) edificios de nueva construcción.
  - b) modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1.000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25 por cien del total de sus cerramientos.
2. Se excluyen del ámbito de aplicación:
  - a) Aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.
  - b) Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
  - c) Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
  - d) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
  - e) Edificios industriales y agrícolas, en la parte destinada a talleres, procesos industriales y agrícolas no residenciales.
  - f) Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.
  - g) Edificios de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva que no tengan carácter residencial o público, ya

Artículo 3. *Documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética.*

1. Con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico se crean los denominados documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, que se definen como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, debiendo contar con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda.
2. Los documentos reconocidos podrán tener el contenido siguiente:
  - a) Programas informáticos de calificación de eficiencia energética.
  - b) Especificaciones y guías técnicas o comentarios sobre la aplicación técnico-administrativa de la certificación de eficiencia energética.
  - c) Cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia energética, excluidos los que se refieran a la utilización de un producto o sistema particular o bajo patente.

Artículo 4. *Calificación de eficiencia energética de un edificio.*

1. La calificación de eficiencia energética es la expresión del consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Se determinará de acuerdo con la metodología de cálculo que figura en el Anexo I y se expresará con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética del Anexo II.
2. La obtención de la calificación de eficiencia energética de un edificio se puede realizar mediante una de las dos opciones siguientes:
  - a) La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático que desarrolla la metodología de cálculo del Anexo I de una manera directa. Dentro de esta opción se puede utilizar:
    - i) El programa informático de Referencia que tiene la consideración de documento reconocido, será de aplicación en todo el territorio nacional, y cuya correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en este Procedimiento básico. La versión oficial de este programa informático de Referencia se denomina CALENER, y estará disponible al público para su libre utilización.
    - ii) Un programa informático Alternativo, que cumpla con las especificaciones técnicas de la metodología de cálculo, esté validado de acuerdo con lo que establece el Anexo I y cuente con el reconocimiento del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda, a propuesta de la Comisión Asesora.
 Los programas informáticos Alternativos tendrán la consideración de documentos reconocidos y se inscribirán en el Registro referido en el artículo 3 de este Procedimiento básico.
  - b) La opción simplificada, de carácter prescriptivo que desarrolla la metodología de cálculo del Anexo I de una manera indirecta. El alcance y desarrollo de esta opción será aprobado en un documento reconocido y se inscribirá en el Registro referido en el artículo 3 de este Procedimiento básico.

**Borrador de decreto de certificación energética de edificios existentes no recogidos en el decret RD 47/2007**



## Propuesta para enfocar las ayudas y subvenciones



**La propuesta del porcentaje del coste a subvencionar a cada medida**

**puede responder a dos criterios:**

- 1. Priorizando las medidas considerando los ahorros energéticos y costes asociados**
- 2. Priorizando las medidas que consiguen un nivel superior a la normativa establecida**

ESTRATEGIA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA 2004-2012



PLAN DE ACCIÓN  
2008 - 2012

Julio 2007



**Tabla 9.5. Escenario previsto en el PAEE 2008-2012 Y PNA (2008-2012)**

MEDIDAS	Plan Acción 2008-2012					
	Inversión	Apoyo público	Ahorro Energía primaria (ktep)		Emisiones CO2 evitadas (ktCO2)	
	(Miles de Euros)		2012	2008-2012	2012	2008-2012
1 REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES	2.677.285	175.150	606	2.176	1.458	5.232
2 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES	3.719.205	243.315	704	2.528	1.796	6.452
3 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES ILUMINACIÓN INTERIOR DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES	2.694.681	176.292	1.396	5.010	4.999	17.937
4 PROMOVER LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS EDIFICIOS Y LA REHABILITACIÓN DE EXISTENTES CON ALTA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	3.969.362	208.914	658	1.973	1.774	5.322
5 REVISIÓN DE EXIGENCIAS ENERGÉTICAS EN LA NORMATIVA EDIFICATORIA	408.934	0	222	222	598	598
<b>TOTAL EDIFICACIÓN</b>	<b>13.469.477</b>	<b>803.671</b>	<b>3.585</b>	<b>11.908</b>	<b>10.625</b>	<b>35.540</b>

*Nota: Factor de conversión considerado para el sector edificación: E. Primaria= 1,5004 X E. Final*  
Fuente: IDAE

## El sector residencial y la energía

- 1.1 Ámbito de la energía en edificación
- 1.2 Características de los edificios de viviendas
- 1.3 Problemática de los edificios
- 1.4 Contexto de la rehabilitación
- 1.5 ¿Qué es la rehabilitación energética?

## Comportamiento energético de los edificios existentes

- 2.1 Segmentación edificatoria
- 2.2 Demanda energética del parque de edificios existentes
- 2.3 Consumo energético del parque de edificios existentes

## Niveles de rehabilitación energética

- 3.1 Rehabilitación que debe cumplir la normativa
- 3.2 Rehabilitación que no necesariamente debe cumplir la normativa

## Medidas y recomendaciones para la rehabilitación energética de la envolvente

- 4.1 . Aislamiento de la fachada
- 4.2 . Aislamiento de la cubierta
- 4.3. Mejora de los huecos arquitectónicos

## Medidas y recomendaciones para la rehabilitación energética de las instalaciones

- 5.1 Energía solar térmica para la producción de ACS
- 5.2. Mejora de la eficiencia de equipos e instalaciones térmicas
- 5.3 Mejora de la eficiencia de la iluminación
- 5.4 Mejora eficiencia electrodomésticos
- 5.5. Mejora de los ascensores

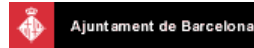
**JORNADA PRINCIPAL A NIVEL ESTATAL DE PUERTAS ABIERTAS  
CONJUNTA ENTRE TODOS LOS PARTICIPANTES EN EL REHENERGIA**



**4 EVENTOS DE CARÁCTER TÉCNICO  
EN LAS CCAA PARTICIPANTES**



# Gracias por su atención en nombre de los participantes del proyecto Rehenergía



Instituto  Cerdá