



Consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero en equipamientos municipales y análisis de propuestas de ahorro

Autor: Sílvia Llimós Fàbregas

Institución: Diputación de Barcelona

Otros autores: Carme Melcion Fontbernat (Diputación de Barcelona)

Resumen

Desde el 2008 la Diputación de Barcelona, primera estructura de apoyo al Pacto de Alcaldes, ha realizado un extenso trabajo entre los ayuntamientos de la provincia en la promoción de dicha iniciativa y la financiación de los Planes de Acción para la Energía Sostenible (PAES).

Las visitas de evaluación energética son un aspecto destacable de la metodología para PAES de la Diputación de Barcelona ya que permiten un mayor conocimiento de los edificios municipales y, por ende, plantear acciones ad hoc para cada uno de ellos.

Actualmente son 188 los municipios adheridos al Pacto y 155 el total de Planes de Acción finalizados. La Diputación de Barcelona tiene en su haber una extensa base de datos de más de 500 edificios municipales. Nuestro análisis se centra en los edificios administrativos y los edificios educativos en cuanto son los que presentan un comportamiento más homogéneo con respecto otros tipos de equipamientos y, en consecuencia permiten elaborar análisis más fiables. Se han establecido tres zonas en función del clima. Se han analizado tanto los consumos y emisiones cómo las medidas a aplicar (costes, ahorros energéticos y de emisiones)

Con respecto a los edificios de oficinas la tendencia muestra un consumo de electricidad similar en el litoral y el interior (entre los 75 y 80 Kwh/m²), siendo poco más de la mitad en el pre-pirineo, seguramente debido a menos horas de uso ya que suelen ser municipios muy pequeños (<1000 hab). En cuanto al consumo térmico vemos como las zonas con temperaturas más extremas (interior y pre-pirineo) presentan un consumo de combustible claramente superior (150 kwh/m²) al litoral.

Con respecto a los edificios educativos observamos como el consumo de electricidad es muy similar entre las tres zonas climáticas analizadas. En cuanto al consumo para uso térmico se observa un mayor consumo en las zonas más frías.

Los costes estimados para reducir casi 5.000tCO₂e son de 12,9M€ (sin fotovoltaica).

Palabras claves: evaluación energética, Pacto de los Alcaldes, Planes de acción de energía sostenible, PAES, cambio climático, equipamientos municipales, escuelas, eficiencia energética, ahorro energético

Antecedentes

Desde el año 2008, la Diputación de Barcelona forma parte de la iniciativa europea del Pacto de Alcaldes (en adelante, el Pacto) como estructura de apoyo o, desde el 2011, entidad coordinadora, para los municipios de la Provincia de Barcelona. Este apoyo se traduce en subvencionar económicamente la redacción de los Planes de Acción para la Energía Sostenible¹ (en adelante, PAES o Plan de Acción) así como brindar apoyo técnico a lo largo de todo el proceso (redacción de documentos metodológicos para la elaboración y seguimiento bianual de los PAES, apoyo a las acciones de difusión y comunicación, etc.)

Uno de los rasgos diferenciales de la metodología creada desde la Diputación de Barcelona son las Visitas de Evaluación Energética (VAE en sus siglas en catalán). Cada uno de los municipios adheridos al Pacto cuenta en su Plan de Acción con la realización de 10 VAE a 10 edificios municipales.

Actualmente son 192 los municipios barceloneses adheridos al Pacto y 158 ya cuentan con su PAES y 34 más en curso. En este sentido, ya son más de 1500 los edificios públicos que han sido analizados en el marco de dicha iniciativa europea y la lista aumenta con cada nuevo PAES.

En el presente artículo se realiza un análisis de los consumos (kwh/m²), centrándonos únicamente en los edificios administrativos (ADM) y los edificios educativos (EDU) en cuanto son los que presentan un comportamiento más homogéneo con respecto a otro tipo de equipamientos y, en consecuencia, permiten elaborar análisis más fiables. El objetivo es establecer valores medios de consumo que permitan a los gestores de los edificios conocer cual es el comportamiento energético de sus edificios.

Las Visitas de Evaluación Energética (VAE)

Las VAE elaboradas por la Diputación de Barcelona permiten conocer el comportamiento energético de los edificios públicos de un municipio y, a la vez, proponer acciones concretas y cuantificables de cara al cumplimiento del objetivo de reducción adquirido por los municipios con la adhesión al Pacto.

¹ La Diputación ha invertido un total de 2.918.596,50 € en la redacción de los PAES

Cada PAES incluye un total de 10 visitas a aquellos edificios que presentan un consumo más elevado o aquellos que el ayuntamiento considere de especial interés. Los municipios que no cuentan con esta cantidad de edificios públicos² tienen la opción de hacer un análisis más concreto del alumbrado público o, en aquellos casos en que ya cuenten con un plan director del alumbrado se da la opción de realizar visitas de evaluación energética a nivel doméstico.

La tipología de edificios visitados es bastante diversa por lo que se han creado 5 categorías que, a su vez, contienen diversas subcategorías. A cada una de estas categorías y subcategorías le corresponde un código de identificación que debe constar al inicio del documento relativo a cada VAE.

Véase en la siguiente tabla el listado de categorías y subcategorías utilizado

Categoría equipamientos	Código	Subcategoría
Administración y oficinas municipales	1	1.1 Seos consistoriales
		1.2 Oficinas municipales
Centros educativos	2	2.1 Guarderías
		2.2 Escuelas
		2.3 Otros centros educativos
Equipamientos deportivos (con y sin piscina)	3	3.1 Campos fútbol
		3.2 Pavellones
		3.3 Pistas atléticas
		3.4 Piscinas cubiertas
		3.5 Piscinas descubiertas
		3.6 Otros deportivos
Centros socioculturales, centros cívicos y bibliotecas	4	4.1 Bibliotecas
		4.2 Centros cívicos
		4.3 Centros recreativos
		4.4 Museos
		4.5 Teatros y cines
		4.6 Locales de entidades
		4.7 Otros socioculturales
Otros	5	5.1 Centros sanitarios
		5.2 Mercados
		5.3 Cementerios
		5.4 Almacenes y locales
		5.5 Otros

A nivel metodológico los aspectos principales que incluyen dichas visitas son:

- Datos básicos del edificio: dirección, fecha de la visita, persona de contacto, teléfono, año de construcción, superficie construida, superficie de la cubierta, número de usuarios, tipo de gestión.
- Introducción/Observaciones: usos, horario y distribución interior
- Fuentes energéticas existentes: electricidad, biomasa, gas natural, solar térmica, gasoil, solar fotovoltaica, GLP, otros.

² De los 190 municipios adheridos al Pacto de Alcaldes, más del 60% tienen una población inferior a los 10.000 habitantes (41 municipios de menos de 2.000 habitantes, 37 entre 2.000 y 5.000 y 40 de entre 5.000 y 10.000 habitantes)

- Datos de las pólizas: eléctricas y de climatización: empresa suministradora, número de póliza, tarifa, potencia contratada, análisis de la póliza contratada.
- Indicadores energéticos (por cada una de las fuentes energéticas existentes): consumo anual (kWh), gasto anual (€), precio de la energía (€/kWh), consumo por superficie (kWh/m²), gasto/superficie (€/m²), factor de emisión (Tn Co₂-eq/MWh). Se requiere adjuntar un gráfico de la evolución mensual del consumo de electricidad i de combustible de los años de los que haya datos disponibles
- Descripción de las instalaciones, con fotografías.
- Conclusión de la situación energética del edificio
- Propuesta de acciones: debe de contabilizarse el ahorro energético estimado (kWh), el coste de la inversión (€), el retorno de la inversión (años) y las emisiones ahorradas estimadas (tCO_{2e}).

En el anexo de la presente comunicación se incluye una VAE tipo.

La Diputación de Barcelona recopila toda la información de las VAE en una base de datos que ha servido de base de esta comunicación. Actualmente la base de datos tiene más de 1.500 registros.

Aspectos metodológicos

El objetivo del presente artículo es realizar un análisis estadístico del consumo energético de los equipamientos municipales con el fin de establecer las medianas de consumo de los mismos y conocer su comportamiento energético en función de la zona climática donde se ubican. A partir de las medianas resultantes los gestores de los edificios municipales podrán conocer si sus equipamientos están consumiendo por encima o por debajo de los valores centrales establecidos. Este conocimiento les ayudará a considerar la necesidad de emprender acciones para mejorar la eficiencia energética de sus edificios municipales.

A tal efecto, la Diputación de Barcelona está trabajando en la elaboración de una herramienta para que los municipios puedan conocer de forma rápida y sencilla cuán eficientes son sus equipamientos en relación a los mismos equipamientos de municipios con características climatológicas similares. Esta herramienta consta de dos áreas diferenciadas. En la primera de ellas, en formato editable, se debe introducir los datos requeridos (municipio, tipo de equipamiento, fuentes de energía usados para usos térmicos, consumo eléctrico, consumo de otras fuentes de energía y superficie útil del edificio). Automáticamente aparecerán tanto los datos relativos a la mediana de consumo por tipo de equipamiento y zona climática como la diferencia de consumo (en porcentaje) del equipamiento introducido con respecto a las medianas establecidas.

Dades del vostre equipament

Quin municipi ets?	Vilassar de Dalt		
Zona climàtica	LITORAL		
Tipus d'equipament	Pavelló poliesportiu		
Fonts energia usades per a usos tèrmics	Gas natural		
Consum elèctric (kWh/m²)	125.745	kWh/m²	Consum 76,2 Diferència mediana (%) 182%
Consum altres fonts (kWh/m²)	119.307	kWh/m²	Consum 72,3 Diferència mediana (%) 72% Gas natural 142%
Consum global (kWh/m²)	245.052	kWh/m²	Consum 148,5 Diferència mediana (%) 118%
Superfície útil de l'equipament (m²)	1.650		

Mediana de consums per aquests equipaments en la vostra zona

		n
Consum elèctric (kWh/m²)	27,0	48
Consum altres fonts (kWh/m²) Mediana global usos tèrmics	42,1	48
Gas natural Mediana específica per tipus combustible	29,9	41
Consum global (kWh/m²)	68,1	48

El presente artículo se centra únicamente en el análisis de dos tipologías de edificios: los edificios administrativos (ADM) y los edificios educativos (EDU), que corresponden al código 1 y 2 según la categorización utilizada por la Diputación.

Para ello se han tenido en cuenta lo siguientes criterios:

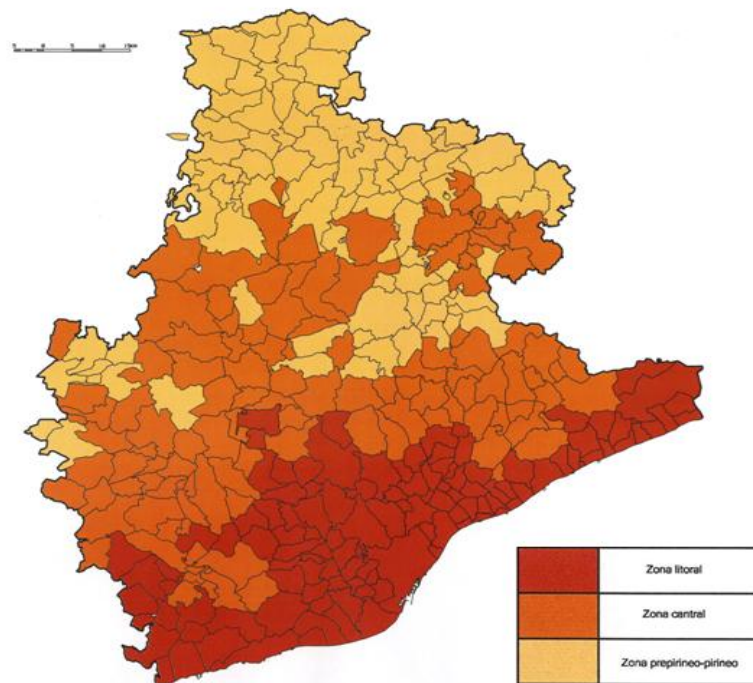
- El número de equipamientos analizados. Los datos de consumo energético de los edificios administrativos y educativos representan más del 60% del total de edificios³.
- La homogeneidad y características de los edificios. Estas dos tipologías de equipamientos presentan un comportamiento mucho más homogéneo que el resto de equipamientos analizados, tanto por las características del mismo como en lo relativo a horarios anuales de funcionamiento. La franja horaria en la que un edificio está en funcionamiento a lo largo de un mismo período de tiempo es, si cabe, uno de los rasgos más relevantes a la hora de poder realizar análisis comparativos entre distintos edificios del mismo tipo. En este sentido, las escuelas y edificios administrativos (básicamente ayuntamientos y oficinas de servicios técnicos) permiten realizar un análisis comparativo más fiable y riguroso de lo que podrían tener, por ejemplo, centros cívicos que pueden tan sólo abrir alguna tarde entre semana en pueblos pequeños o presentar una enorme actividad en ciudades con más población.

³ Sólo considerando aquellos edificios con consumo eléctrico y térmico segregado.

Todos los edificios analizados cuentan con consumo eléctrico y térmico diferenciado, es decir, aquellos edificios en los que para uso térmico se utiliza una fuente de energía distinta de la electricidad. Así pues se han descartado aquellos edificios educativos y administrativos que sólo cuentan con consumo eléctrico en el sentido que puede distorsionar sobremanera el análisis comparado entre los distintos edificios de una misma tipología. Es evidente que si un edificio no dispone de un combustible alternativo a la electricidad para uso térmico (gas natural, gasóleo, GLP o biomasa) el consumo eléctrico será mucho mayor pues se destinará gran parte del mismo a funciones de calefacción además de la iluminación y el funcionamiento de aparatos electrónicos. En este sentido, podemos ya avanzar que el consumo térmico tiene un peso muy significativo en el total del consumo eléctrico de los edificios analizados.

Por otro lado, otro aspecto importante en relación al tratamiento de los datos es la división del territorio en zonas climáticas. Estas zonas climáticas se definen en función de la temperatura media anual y los valores extremos registrados en las distintas estaciones de temperatura repartidas por el territorio⁴. Según los datos recogidos en nuestra provincia hay tres zonas climáticas bien definidas: la zona litoral, la zona central y la zona del pre-pirineo.

El siguiente mapa muestra la división de los territorios pertenecientes a la provincia de Barcelona según las zonas climáticas definidas.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ICAEN³

⁴ *Els graus-dia de calefacció i refrigeració a Catalunya. Resultats a nivell municipal.* ICAEN

A nivel estadístico se ha valorado como mejor opción utilizar la mediana (percentil 50) como valor central por encima de la media. La razón básica es que consideramos que la media es un valor poco robusto y muy fluctuante en función de valores extremos que puedan aparecer en algún edificio de manera aislada así como en función del número de equipamientos analizados. Por el contrario, la mediana, mucho más robusta, nos aporta un valor central que consideramos mucho más acorde con la realidad que estamos analizando.

Entre los gráficos que aparecen en el artículo encontramos, básicamente, histogramas, y diagrama de sectores, todos ellos de elaboración propia a partir de los datos recogidos en las VAE.

Resultados

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos a partir del análisis de los consumos energéticos realizado a partir de los datos recogidos de las visitas de evaluación energética.

Como se ha expuesto con anterioridad, se han seleccionado los resultados de consumo de edificios administrativos y centros educativos en los que para usos térmicos existe una fuente de energía distinta de la electricidad.

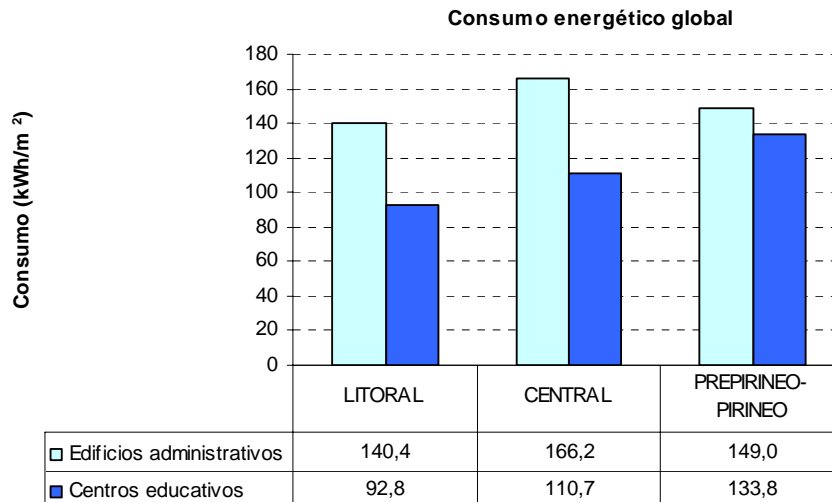
El total de equipamientos considerados es de 492 y el número total de municipios considerados es 127:

Equipamientos n	LITORAL	CENTRAL	PREPIRINEO-PIRINEO	Total
ADM	57	34	18	109
EDU	262	91	30	383
<i>Total</i>	319	125	48	492

	LITORAL	CENTRAL	PREPIRINEO-PIRINEO	Total
> 50.000 hab	12	1	0	13
20.000 a 50.000 hab	15	2	0	17
5.000 a 20.000 hab	27	15	3	45
1.000 a 5.000 hab	16	13	11	40
< 1.000 hab	0	3	9	12
<i>Total</i>	70	34	23	127

La mayor concentración de municipios, de población y, por ende, de equipamientos se halla en el litoral, de clima moderado, con inviernos suaves y veranos calurosos.

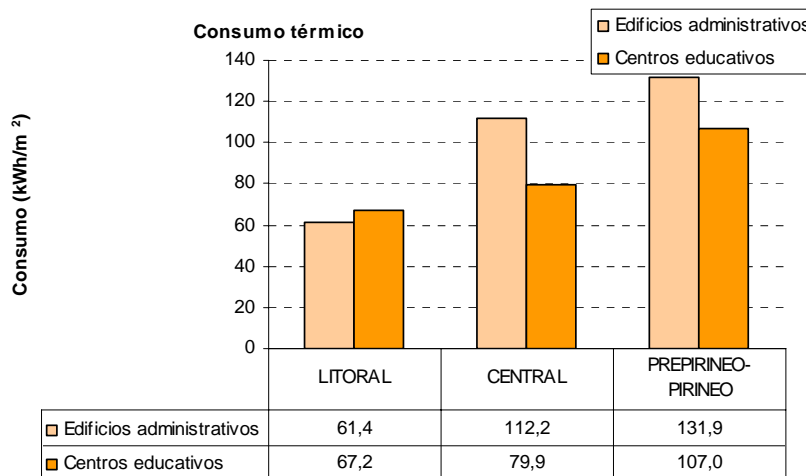
Por lo que respecta a consumos energéticos globales se resumen en el gráfico siguiente:



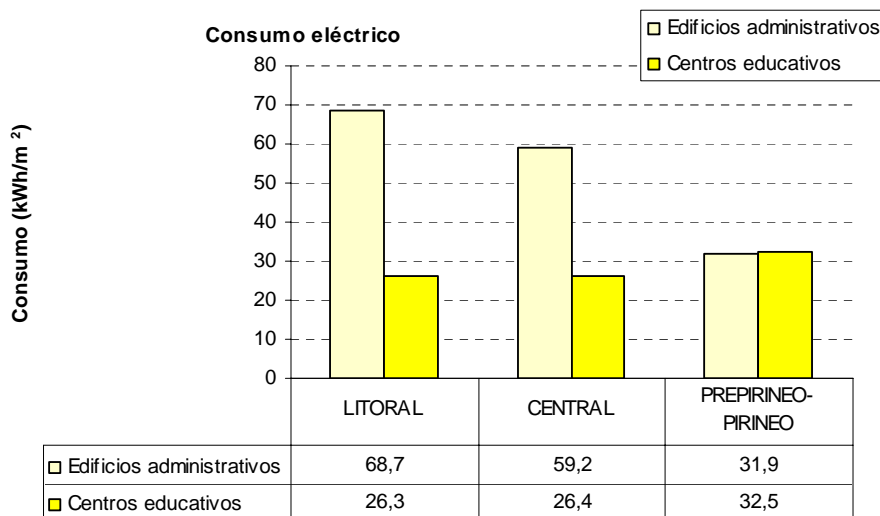
En los centros educativos, con un número de horas de funcionamiento similar en un mismo periodo del año, se hace más patente el rigor climático invernal de la zona pre-pirenaica. Así, cuánto más fría es la zona mayor consumo energético total relativo hay. También destaca el hecho de que el consumo de los edificios administrativos sea superior al de los centros educativos, seguramente debido a que los edificios administrativos presentan una actividad más estable a lo largo de todo el año mientras que los edificios educativos no presentan apenas actividad a lo largo de los meses de verano y, por lo tanto, reducen al mínimo su consumo energético durante esos meses.

Los edificios administrativos y oficinas no reflejan tan claramente los rigores climáticos de la zona dónde están ubicados ya que, como podemos observar, los consumos energéticos totales máximos se encuentran en la zona central. Los datos segregados de consumo eléctrico y consumo térmico y el conocimiento de los municipios pueden indicar las causas de porqué no es en la zona más fría dónde mayor consumo existe.

Los gráficos siguientes muestran que, si bien el consumo térmico si es claramente superior en esta zona, el consumo eléctrico es mucho más bajo.



El incremento de consumo térmico es mucho más relevante en edificios administrativos duplicándose en las zonas frías respecto a las zonas más cálidas. En los centros educativos el incremento es menor.

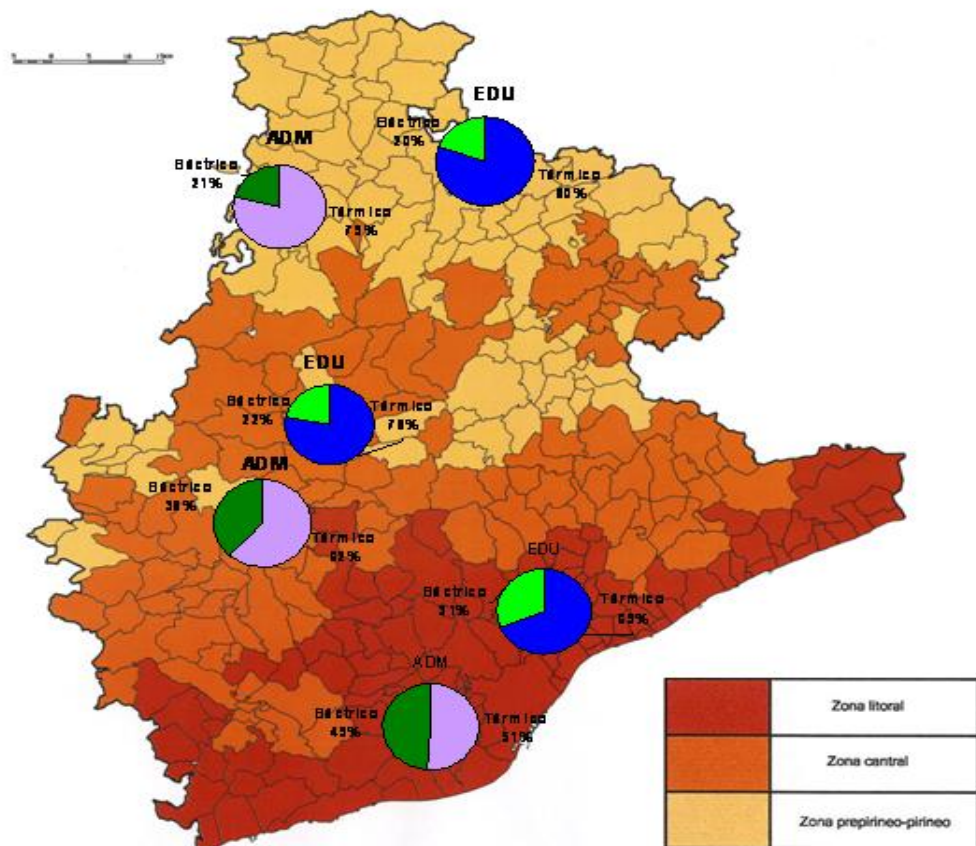


La zona pre-pirenaica tiene municipios rurales de tamaño pequeño y ninguno de ellos supera los 20.000 habitantes. Esta situación conlleva que las horas de funcionamiento de algunas oficinas municipales sean bastante reducidas, con lo que el consumo energético también debe ser menor. Otro aspecto relevante es que, en estas zonas, el verano suele ser menos caluroso por lo que el uso de aparatos de aire acondicionado (consumo eléctrico) no suele estar tan extendido.

Por el contrario, el consumo eléctrico de los centros educativos no muestra apenas diferencias importantes. Los colegios y guarderías están cerrados en verano y la mayoría no disponen de aire acondicionado.

El consumo térmico predomina en el consumo energético total y, de forma lógica, su peso aumenta en las zonas más frías.

Distribución uso energía	LITORAL		CENTRAL		PRE-PIRINEO	
	Térmico	Eléctrico	Térmico	Eléctrico	Térmico	Eléctrico
ADM	51%	49%	62%	38%	79%	21%
EDU	69%	31%	78%	22%	80%	20%



El porcentaje de energía para uso térmico en los edificios administrativos varía significativamente mientras que en los centros educativos se incrementa pero de forma mucho más moderada.

Los ahorros energéticos estimados en edificios administrativos y educativos son muy similares, del 19% y del 18% de mediana respectivamente, es decir, unos 22.800MWh que equivaldrían a unas 6.500 toneladas de CO₂. La mediana del coste de aplicar medidas de ahorro, eficiencia y renovables para usos térmicos es de unos 0,79€/kWh con lo que el coste estimado necesario para llevar a cabo estas medidas puede ascender a más de 18M€.

Conclusiones

Los consumos de los edificios administrativos son superiores a los de los centros educativos, especialmente en la zona litoral. El análisis según si el consumo es eléctrico o de otras fuentes para usos térmicos revela diferencias notables en:

- 1) Los centros educativos tienen un consumo eléctrico menor a los edificios administrativos, seguramente debido a la inexistencia de aparatos de aire acondicionado en los colegios y a que son centros que están cerrados de 2 a 3 meses al año.
- 2) Los edificios administrativos de la zona central (inviernos más rigurosos y veranos bastante cálidos) son los más consumidores. Probablemente se use más la calefacción que en el litoral, por tanto, más consumo térmico, en verano se use aire acondicionado y haya municipios mayores con más horas de apertura de las oficinas municipales, más consumo eléctrico que en el pre-pirineo.
- 3) El consumo térmico (otras fuentes de energía) se incrementa en las zonas más frías, como es esperable. El peso de este consumo es más importante en los centros educativos. En cambio los incrementos en función de la zona climática son más relevantes en los edificios administrativos. Las diferencias en horas de uso y temporada de apertura pueden explicar estas diferencias.
- 4) El ahorro medio previsto por las VAE es de un 18-19% del consumo energético.
- 5) El esfuerzo económico estimado es importante, 18M€. Estas inversiones podrían redundar en ahorros de más de 22.800MWh anuales y en una reducción de emisiones de más de 6500 toneladas de CO₂ al año. A nivel económico esta inversión supondría un ahorro de entre 2 y 3 millones de euros anuales que se amortizarían en un período de entre 6 y 7 años. Teniendo en cuenta que el precio de la electricidad está por encima del precio del combustible para usos térmicos como mayor sea el porcentaje de consumo energético a partir de electricidad mayor será el ahorro energético y, en consecuencia económico, reduciendo significativamente el período de amortización de la inversión.

Anexo

Informe de Evaluación energética del - **Nombre del equipamiento** -

Tipo de equipamiento⁵

Datos básicos

Dirección:	Superficie construida:
Fecha de la visita:	Superficie de cubierta:
Persona de contacto:	Número de usuarios:
Teléfono:	Tipo de gestión ⁶ :
Año de construcción:	

Introducción / Observaciones

Breve introducción del equipamiento donde se destaquen las principales características.

Como mínimo se deben incluir los puntos siguientes:

1. Ubicación y tipos de edificios (4 vientos, entre medianeras, rinconero, número de plantas...)
2. Actividades que se desarrollan y distribución por plantas.
3. Horario de funcionamiento.
4. Número de trabajadores y usuarios

⁵ Utilizar la siguiente clasificación: administración y oficinas, centros educativos, equipamientos deportivos, centros socioculturales, centros cívicos y bibliotecas, otros.

⁶ Directo o por concesión.

Fuentes energéticas existentes

Electricidad		Biomasa	
Gas natural		Solar térmica	
Gasoil		Solar Fotovoltaica	
GLP		Otras: _____	

Datos de las pólizas

Pólizas eléctricas

	Empresa suministradora	Núm. de póliza	Tarifa	Potencia contratada	Análisis de la póliza contratada - Observaciones
1					
2					
3					

Póliza de gas natural (si hay o otros)

	Empresa suministradora	Núm. de póliza	Tarifa	Análisis de la póliza contratada - Observaciones
1				
2				

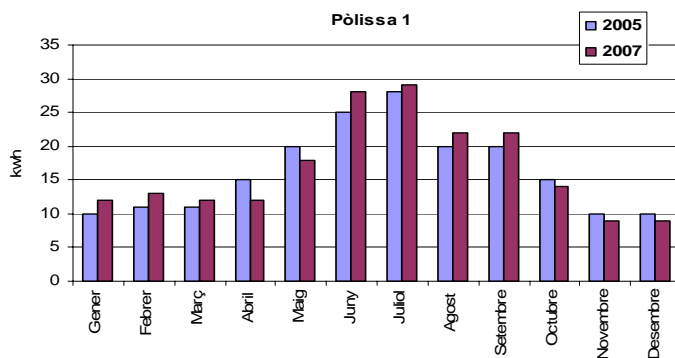
Indicadores energéticos (de cada fuente energética)

	Electricidad		Combustibles (especificar cuál)	
	2005	2007	2005	2007
Consumo anual (kwh)				
Gasto anual (€)				
Consumo por superficie (kwh/m2)				
Consumo por usuario (kWh/usuario)				
Gasto / superficie (€/m2)				
Gasto / usuario (€/usuari)				
Toneladas de GEI (Tn/año)				

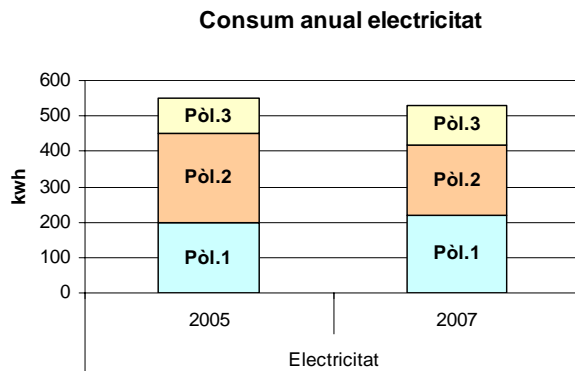
Adjuntar un **gráfico** con la evolución mensual del consumo de electricidad y de combustible de los años disponibles (mínimo, 2005 i 2007).

En caso que haya más de una póliza por fuente energética añadir:

- gráfica de la evolución del consumo mensual de las diferentes pólizas para los dos años estudiados. Se muestra gráfica de ejemplo



- gráfica del consumo anual total para cada fuente energética de manera que a cada barra de consumo haya la proporción correspondiente a cada póliza. Ver gráfica de ejemplo



Descripción de las instalaciones y del edificio

- Brevemente destacar las características principales, como están descritas en la guía para hacer VAE, de:
 - Climatización/calefacción.
 - ACS (Agua caliente sanitaria).
 - Instalación eléctrica (contadores, cuadros eléctricos, acometidas)
 - Principales equipos de consumo (electrodomésticos, equipos ofimáticos, secadores de manos, etc.)
 - Cierres y tipo de cubierta (teja, azotea, con cámara de aire o sin, fibrocemento...)
 - Instalaciones de energías renovables: descripción de las que hay podido haber
 - Otros.
- Anotar las reformas o actuaciones realizadas.
- Describir las operaciones de mantenimiento y las buenas prácticas energéticas en la gestión de l'equipament.

Conclusiones de la situación energética de l'equipament

Brevemente, cal comentar:

- los indicadores de consumo energético con las observaciones de la visita,
- la tendencia en el consumo (si es al alza, estabilización, baja),
- equipos de consumo más consumidores y porqué
- Potencialidad de instalación de energías renovables
- Justificación de las actuaciones más relevantes
- otras observaciones realizadas durante la visita o el que el técnico/a crea relevante.

Actuaciones propuestas

Relación de actuaciones que se proponen ya sea en la aplicación de buenas prácticas en la gestión energética o en inversiones en equipamientos. Hacer especial atención a la posibilidad de instalar una cubierta fotovoltaica y a todas aquellas actuaciones de mejora de la eficiencia en la iluminación.

Rellenar la siguiente tabla:

Orden de prioridad*	Descripción de la actuación	Coste aproximado	Ahorro energético aproximado	Ahorro económico aproximado	Período de retorno / amortización	Tn de CO2 ahorradas	Observaciones

*El orden de prioridad viene determinada para la factibilidad de l'actuació, el período de retorno y el ahorro obtenido (en €, energía y tn de CO₂).

NOTA complementaria:

- Adjuntar fotografías.
- Adjuntar imagen termográfica de la fachada (si se ha dado el caso).
- El informe no debe tener una extensión mucho más larga de la que se prevé en este modelo.
- Debe ser un documento sintético y comprensible.