

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.....	2
1.2.- Resultados mensuales.....	2
1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.....	2
2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	3
2.1.- Zonificación climática.....	3
2.2.- Demanda energética del edificio.....	3
2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.....	4
2.2.2.- Demanda energética de ACS.....	4
2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.....	5
2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.....	5
2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.....	5



1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,edificio} = 80.64 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 84.64 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$C_{ep,edificio}$: Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m²·año).

$C_{ep,lim}$: Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).

$C_{ep,base}$: Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 60.00 kWh/(m²·año).

$F_{ep,sup}$: Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 3000.

S_u : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 121.73 m².

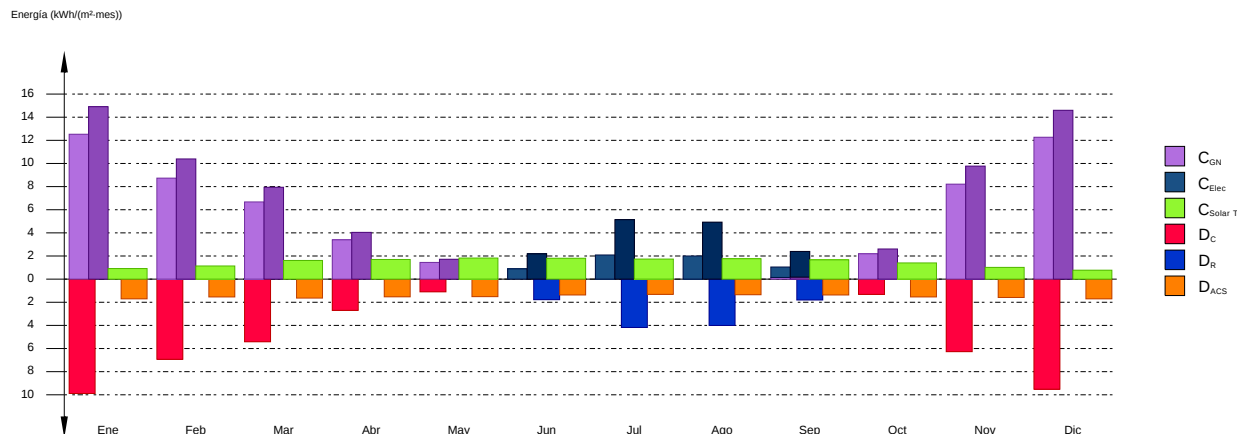
1.2.- Resultados mensuales.

1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras representa el balance entre el consumo energético del edificio y la demanda energética, mostrando de forma visual la eficiencia energética del edificio, al representar gráficamente la compensación de la demanda mediante el consumo.

En el semieje de ordenadas positivo se representan, mes a mes, los distintos consumos energéticos del edificio, separando entre vectores energéticos de origen renovable y no renovable, y mostrando para éstos últimos tanto la energía final consumida como el montante de energía primaria necesaria para generar dicha energía final en punto de consumo.

En el semieje de ordenadas negativo se representa, mes a mes, la demanda energética del edificio, separada por servicio, distinguiendo la demanda de calefacción, la de refrigeración y la de agua caliente sanitaria.



En la siguiente tabla se expresan, de forma numérica, los valores representados en la gráfica anterior, mostrando, para cada vector energético utilizado, la energía útil aportada, la energía final consumida y la energía primaria equivalente, añadiendo también los totales para el consumo de energía final y energía primaria de origen renovable y no renovable, así como los valores de todas las cantidades ponderados por la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en kWh/(m²·año).



		Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh / año) (kWh/ m²·a)	
EDIFICIO (S _u = 121.73 m²; V = 313.4 m³)															
Demanda energética	C	1203.7	843.7	659.4	328.8	133.8	--	--	--	--	160.5	763.5	1158.4	5251.7	43.1
	R	--	--	--	--	--	216.2	508.6	487.5	219.7	--	--	--	1432.0	11.8
	ACS	207.6	187.5	199.5	186.3	184.4	166.8	160.2	164.3	166.8	187.4	193.1	207.6	2211.4	18.2
	TOTAL	1411.3	1031.2	859.0	515.0	318.2	383.0	668.8	651.8	386.5	347.9	956.6	1366.0	8895.2	73.1
Solar térmica	EA _{ACS}	82.5	103.2	146.1	153.9	166.1	166.8	160.2	164.3	154.6	127.8	91.9	69.9	1587.3	13.0
	EF	111.4	138.5	196.5	206.9	222.0	219.9	211.2	215.1	202.9	170.6	123.6	94.2	2112.9	17.4
	% D _{ACS}	39.8	55.1	73.2	82.6	90.1	100.0	100.0	100.0	92.7	68.2	47.6	33.7	73.6	
Gas natural (f _{sep} = 1.19)	EA _C	1203.7	843.7	659.4	328.8	133.8	--	--	--	--	160.5	763.5	1158.4	5251.7	43.1
	EA _{ACS}	125.0	84.2	53.4	32.4	18.3	--	--	--	12.2	59.6	101.2	137.7	624.1	5.1
	EF	1525.0	1063.1	812.6	413.7	175.8	--	--	--	17.8	266.7	999.7	1493.4	6767.7	55.6
	EP _{ren}	7.6	5.3	4.1	2.1	0.9	--	--	--	0.1	1.3	5.0	7.5	33.8	0.3
	EP _{nr}	1814.7	1265.0	966.9	492.3	209.3	--	--	--	21.2	317.4	1189.6	1777.1	8053.5	66.2
Electricidad (f _{sep} = 2.461)	EA _R	--	--	--	--	--	216.2	508.6	487.5	219.7	--	--	--	1432.0	11.8
	EF	--	--	--	--	--	108.1	254.3	243.8	109.9	--	--	--	716.0	5.9
	EP _{ren}	--	--	--	--	--	35.2	82.9	79.5	35.8	--	--	--	233.4	1.9
	EP _{nr}	--	--	--	--	--	266.1	625.8	599.9	270.3	--	--	--	1762.1	14.5
	C _{ef,tot}	1636.4	1201.6	1009.0	620.6	397.8	328.0	465.5	458.8	330.6	437.3	1123.3	1587.6	9596.6	78.8
	C _{ep,ren}	119.1	143.9	200.5	209.0	222.9	255.1	294.1	294.5	238.8	172.0	128.6	101.7	2380.2	19.6
	C _{ep,nr}	1814.7	1265.0	966.9	492.3	209.3	266.1	625.8	599.9	291.5	317.4	1189.6	1777.1	9815.6	80.6

donde:

S_u: Superficie habitable del edificio, m².V: Volumen neto habitable del edificio, m³.D_C: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.D_R: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.D_{ACS}: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

EA: Energía útil aportada, kWh.

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.

EP_{ren}: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.EP_{nr}: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.

%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.

C_{ef,tot}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).C_{ep,ren}: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m²·año).C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Mejorada del Campo (provincia de Madrid), con una altura sobre el nivel del mar de 578 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3.

La pertenencia a dicha zona climática define las solicitudes exteriores para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (archivo MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

2.2.- Demanda energética del edificio.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria no renovable, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación de consumo energético HE 0 para edificios de uso residencial o asimilable, corresponde a la suma de la energía demandada por los servicios de calefacción, refrigeración y ACS del edificio.



2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio, calculada hora a hora y de forma separada para cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio, se obtiene mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cumpliendo con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, con el objetivo de determinar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de demanda energética de CTE DB HE 1.

Se muestran aquí, a modo de resumen, los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S_u (m^2)	D_{cal}		D_{ref}	
		(kWh/ /año)	(kWh/ ($m^2 \cdot a$))	(kWh/ /año)	(kWh/ ($m^2 \cdot a$))
Vivienda unifamiliar	121.73	5251.7	43.1	1432.0	11.8
	121.73	5251.7	43.1	1432.0	11.8

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m^2 .

D_{cal} : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/($m^2 \cdot año$).

D_{ref} : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/($m^2 \cdot año$).

2.2.2.- Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y el documento de 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER', que remiten a la norma UNE 94002 para el cálculo de la demanda de energía térmica diaria de ACS en función del consumo de ACS diario por zona.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia de 60°C, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Temperatura del agua de red	8.5	8.5	10.5	12.3	14.3	17.3	20.3	19.3	17.3	13.5	10.5	8.5

La demanda diaria obtenida se reparte por horas, conforme al perfil a tal efecto, publicado en el documento citado anteriormente, para añadirse al cálculo horario del consumo energético como vector horario anual de demanda energética de ACS a satisfacer, para cada zona, mediante los sistemas técnicos disponibles en el edificio.

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias, el porcentaje de la demanda cubierto por energía renovable, y el restante a satisfacer mediante energías no renovables.

Zonas habitables	Q_{ACS} (l/día)	S_u (m^2)	D_{ACS}		$\%_{AS}$ (%)	$D_{ACS,nr}$	
			(kWh/ /año)	(kWh/ ($m^2 \cdot a$))		(kWh/ /año)	(kWh/ ($m^2 \cdot a$))
Vivienda unifamiliar	112.0	121.73	2211.4	18.2	73.6	582.8	4.8
	112.0	121.73	2211.4	18.2	73.6	582.8	4.8

donde:

Q_{ACS} : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m^2 .

D_{ACS} : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/($m^2 \cdot año$).

$\%_{AS}$: Porcentaje cubierto por energía solar de la demanda energética de agua caliente sanitaria, %.

$D_{ACS,nr}$: Demanda energética de ACS cubierta por energías no renovables, kWh/($m^2 \cdot año$).



2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.

	Tipo	Energía	Cap _{n,C} (kW)	Cap _{n,R} (kW)	S _u (m ²)	C _{ef} (kWh/año)	C _{ef} (kWh/(m ² ·a))	P _{mo} (W/m ²)	REA	K _e	REA _c
Sistema 1 (Acumulación ACS: V = 200.0 l; T ^a : [60.0->80.0] °C; UA = 1.50 W/K)											
Equipo 1	C+ACS	Gas natural	25.0	--	121.73	6767.7	55.6	8.5	0.87	1	0.87
			25.0	--	121.73	6767.7	55.6		0.87		0.87
Sistema de referencia											
Equipo para calefacción y ACS	C+ACS	Gas natural	∞	--	--	--	--	--	--	1	--
Equipo para refrigeración	R	Electricidad	--	∞	121.73	716.0	5.9	8.2	2.00	3.1814	0.63
			∞	∞	121.73	716.0	5.9		2.00		0.63

donde:

Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).

Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.

Cap_{n,C}: Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.

Cap_{n,R}: Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.

S_u: Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico, m².

C_{ef}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).

P_{mo}: Potencia media operacional del equipo técnico, W/m².

REA: Rendimiento estacional anual del equipo técnico.

K_e: Coeficiente de emisiones del vector energético.

REA_c: Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.

2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables, para cada vector energético utilizado en el edificio, se han obtenido del documento 'Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España', borrador propuesta de Documento Reconocido publicado por el IDAE con fecha 3/03/2014, conforme al apartado 4.2 de CTE DB HE 0.

Vector energético	C _{ef,total}		f _{cep}	C _{ep,nr}	
	(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))		(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Gas natural	6767.7	55.6	1.19	8053.5	66.2
Electricidad	716.0	5.9	2.461	1762.1	14.5

donde:

C_{ef,total}: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m²·año).

f_{cep}: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m²·año).

2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía no renovables. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;



- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables;
- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.