

6. ANALISIS COMPARATIVO

6.1 Introducción

En este apartado se va a llevar a cabo un análisis comparativo de todos los resultados obtenidos en el apartado anterior.

6.2 Verificación del contenido de la documentación (UNE-EN 12976-1 Apartado 4.6)

Se observa que todos los sistemas tenían deficiencias en el contenido de la documentación aportada, tanto para el usuario como para el instalador. Los fabricantes tardan de 3 a 6 meses en solucionar dichas deficiencias.

6.3 Ensayo de resistencia a heladas (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.1)

Los sistemas termosifónicos con captadores planos utilizan fluido anticongelante como protección frente a heladas. Usan una mezcla agua-propilenglicol de uso alimentario. En estos casos, como dice la Norma, si el fabricante suministra las características técnicas del anticongelante utilizado, no hay que realizar ningún ensayo. Se debe comprobar si la composición del fluido es conforme con las especificaciones suministradas.

En el caso del sistema Heat Pipe, el fabricante suministra las características técnicas del alcohol utilizado.

6.4 Ensayo de protección contra sobre-temperatura (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.2)

Todos los sistemas ensayados han pasado con éxito dicho ensayo a excepción del sistema con captador y depósito integrado. En dicho sistema se produce un deterioro del acumulador con la alta temperatura. Tras 4 días de ensayo, se produce una rotura del mismo, con la consecuente pérdida de agua en el circuito secundario. Tras realizarle ensayos a dos nuevos sistemas suministrado, el sistema pasa con éxito el ensayo. El fabricante tuvo que realizar modificaciones en el diseño interno del captador.

Según el tipo de intercambiador utilizado (doble envolvente ó tubular), se pudo observar que en todos los sistemas con intercambiadores tubulares no se producían pérdidas de anticongelante por la válvula de seguridad del circuito primario. Mientras que los que tienen intercambiadores de tipo doble envolvente, son muy propensos a la pérdida de líquido tras la exposición de 2-3 días consecutivos a más de 20 MJ/m². Dicho problema se acentúa en períodos veraniegos. Esto es debido a que los sistemas de tipo tubular son capaces de soportar presiones más elevadas que los de doble envolvente. En los sistemas ensayados se observa que las válvulas del circuito primario están taradas a 7 bar para los sistemas con intercambiadores tubulares y 2.5-3.5 bar para los de doble envolvente.

6.5 Ensayo de resistencia a presión (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.3)

Todos los sistemas ensayados menos uno han pasado de modo satisfactorio el ensayo de resistencia a presión, tanto del circuito primario como del secundario. El sistema fallaba al saltar la válvula de seguridad del circuito primario cuando se le aplicaba presión al circuito secundario. El fabricante tuvo que cambiar el acumulador.

En éste apartado se ha de mencionar que todas las empresas montadoras de los sistemas a ensayo no han llevado a cabo las pruebas de estanqueidad pertinentes a los equipos. Cuando se les realiza el ensayo de presión al circuito primario por primera vez, el 80-90% de los sistemas tienen fuga de anticongelante por las conexiones del sistema. Una vez corregida esa fuga ó fugas los sistemas pasan sin problemas el ensayo de resistencia a presión.

Los sistemas los montan trabajadores cualificados, pero esto da a pensar que en las instalaciones en viviendas puede que no se le haga dicha prueba de estanqueidad, si el sistema tiene fugas, en períodos de alta radiación solar dicha fuga se acentúa. Pasado un corto período de tiempo el circuito primario se vacía de anticongelante y el sistema deja de funcionar, si el instalador no responde ante dicho fallo, conlleva un grave perjuicio a la energía solar.

Si las pruebas de estanqueidad no se realizaran y si se tuviera que diseñar un conexionado entre captador y acumulador sería recomendable las conexiones que aparecen en la figura 14. Dichas conexiones no han dado problemas de estanqueidad, mientras que las conexiones de la figura 15 todas han dado problemas.

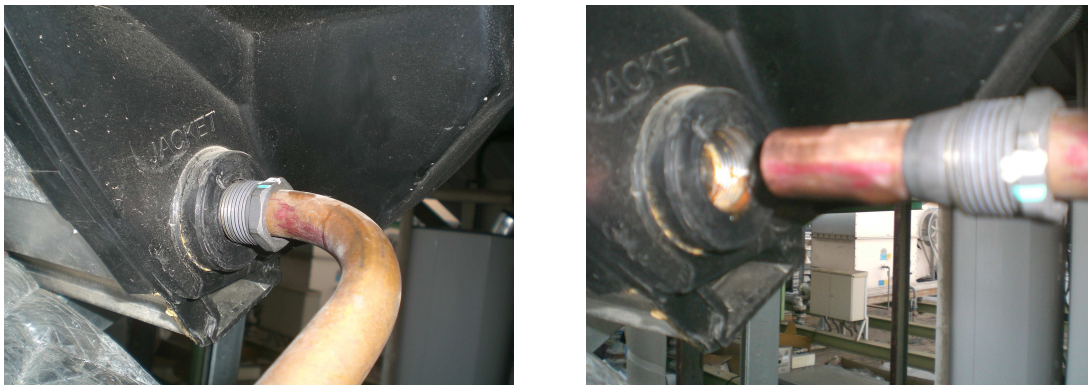


Figura 14. Conexiones acumulador-captador

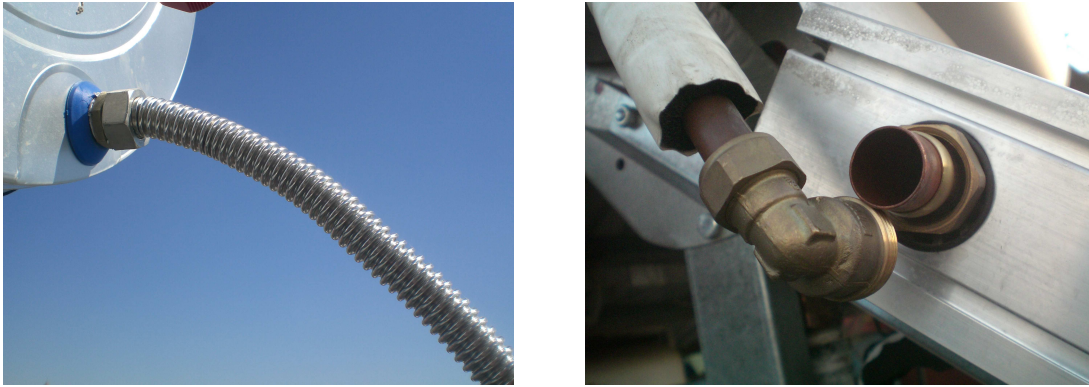


Figura 15. Conexiones acumulador-captador

6.6 Contaminación del agua (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.4 y UNE-EN 1717)

Todos los sistemas a ensayo superan con éxito dicho ensayo

6.7 Ensayo de protección contra descargas eléctricas para sistemas solares de calentamiento (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.5 y ANEXO E)

En éste apartado se ha de mencionar que un 20-30% de los sistemas ensayado, incumplían el apartado de puentes entre captador y soporte de más de 100 cm². El cliente opta por poner un cable de cobre de 16 mm² de conexión entre el captador y la estructura.

6.8 Control equipos de seguridad (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.6)

Todos los fabricantes suministran las características técnicas de las válvulas de seguridad y todas ellas resisten la temperatura y el medio de transferencia de calor al cual están expuestos

6.9 Control Etiquetado (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.7)

Se observa que todos los sistemas a ensayo tenían deficiencias en el contenido del etiquetado. El fabricante tarda de 2 a 3 meses en solucionar dicha deficiencia.

6.10 Ensayo de rendimiento térmico (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.8)

NOTA: Para el análisis comparativo del ensayo de rendimiento térmico no se ha tenido en cuenta el sistema de tubos de vacío.

6.10.1 Determinación del rendimiento diario del sistema

El análisis de éste punto se ha llevado a cabo en los siguientes apartados.

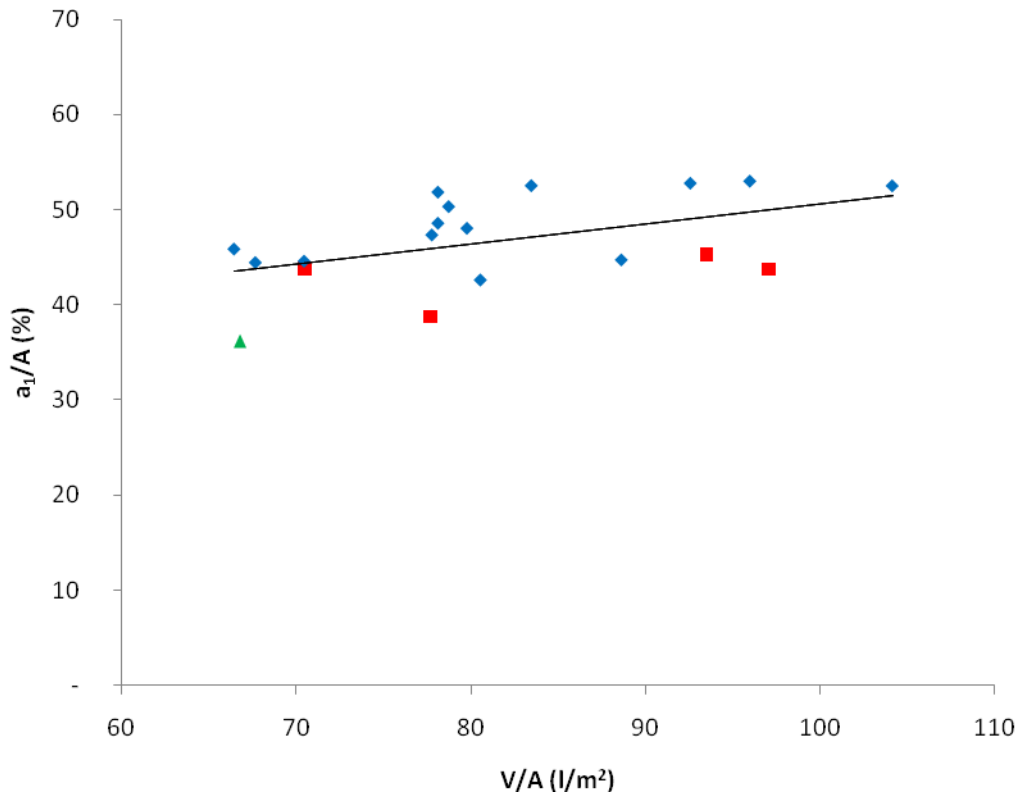
1. Análisis comparativo del rendimiento del sistema mediante el factor del rendimiento sin las pérdidas (a_1/A) para diferentes relaciones V/A .
2. Análisis comparativo del rendimiento sin pérdidas entre acumuladores tipo doble envolvente y acumuladores con intercambiadores tipo tubular.
3. Comparación de las gráficas Q vs H .
4. Comparación de las gráficas η vs H .
5. Comparación de las gráficas $t_{d(max)}-t_{main}$ vs H .
6. Comparación de las gráficas $f(V)$.

1. Análisis comparativo del rendimiento del sistema mediante el factor del rendimiento sin las pérdidas (a_1/A) para diferentes relaciones V/A

En éste punto se observa lo siguiente:

- a) En la gráfica 161 se observa como al aumentar la relación V/A mayor es el rendimiento del sistema.

La ecuación que relaciona ambas variables es $(a_1/A) = 0,2124 (V/A) + 29,367$.

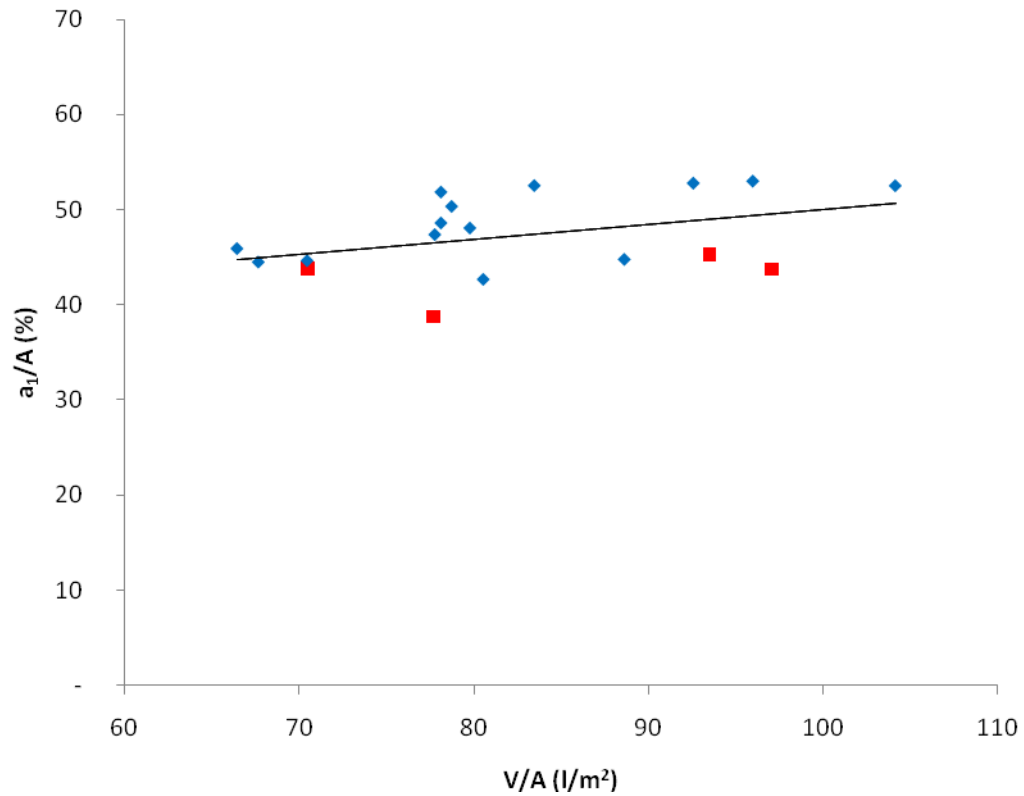


Gráfica 161. Gráfica rendimiento sin pérdidas vs V/A equipos a ensayo

Para sistemas con captadores selectivos e intercambiadores doble envolventes (símbolos de color azul), la ecuación que relaciona ambas variables es $(a_1/A) = 0,2123 (V/A) + 31,179$.

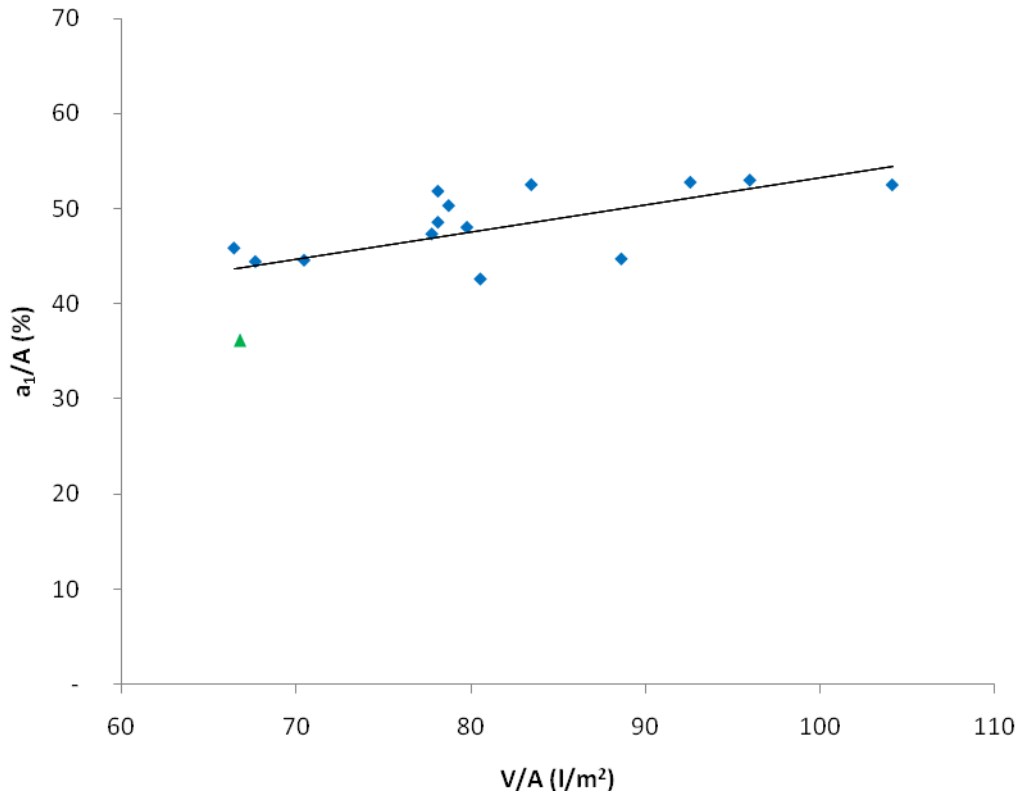
Para sistemas con captadores selectivos e intercambiadores tipo tubular (símbolos de color rojo), la ecuación que relaciona ambas variables es $(a_1/A) = 0,0984 (V/A) + 34,541$.

- b) En la gráfica 162 se observa como, para equipos con captadores selectivos, los sistemas que tienen intercambiadores tipo tubular en el acumulador (símbolos de color rojo) presentan menores rendimientos que los sistemas con intercambiadores doble envoltente (símbolos de color azul).



Gráfica 162. Gráfica rendimiento sin pérdidas vs V/A equipos a ensayo, Int. Tubular

- c) En la gráfica 163 se observa cómo el sistema que presenta menor rendimiento respecto a la media es el que tiene el captador de pintura (símbolo de color verde). Con un valor del 20% respecto a los sistemas con captadores selectivos e intercambiadores de doble envolventes.



Gráfica 163. Gráfica rendimiento sin pérdidas vs V/A equipos a ensayo, Captador pintura

2. Análisis comparativo del rendimiento sin pérdidas entre acumuladores tipo doble envolvente y acumuladores con intercambiadores tipo tubular.

Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente, para cada uno de los tipos de intercambiadores de los acumuladores (doble envolvente ó tubular). En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del tipo de intercambiador y del volumen del acumulador.

- Doble envolvente

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	Espesor aislamiento acumulador (mm)	Area de intercambio (m ²)	Presión 1º (bar)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)
3	4,32	287	66,44	50	2,19	3	1,98	0,53	-1,97
7	3,60	280	77,78	40	1,57	3,5	1,70	0,61	-2,00
11	3,84	300	78,13	50	1,67	2,5	1,86	0,75	-2,42
17	3,81	300	78,74	50	1,87	3	1,92	0,53	-2,47
18	3,76	300	79,79	60	2,10	2,5	1,81	0,47	-0,57
21	4,36	295	67,66	40-60	1,11	3,5	1,94	0,77	-3,06
Media	3,95	294	74,75	50,00	1,75	3,00	1,87	0,61	-2,08
Max.	4,36	300	79,79	60,00	2,19	3,50	1,98	0,77	-0,57
Mín.	3,60	280	66,44	40,00	1,11	2,50	1,70	0,47	-3,06

Tabla 21. Características sistemas de doble envolvente de 300 litros

200 ±15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	Espesor aislamiento acumulador (mm)	Area de intercambio (m ²)	Presión 1º (bar)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)
2	2,16	200	92,59	50	1,41	3	1,14	0,37	-1,06
4	2,30	192	83,48	40	1,16	3	1,21	0,45	-1,06
8	2,00	192	96,00	40	1,16	3,5	1,06	0,35	-2,63
12	1,92	200	104,17	50	0,90	2,5	1,01	0,36	-1,75
20	2,20	195	88,64	40-60	0,70	3,5	0,98	0,45	-1,72
Media	2,12	196	92,97	45,00	1,07	3,10	1,08	0,40	-1,64
Max.	2,30	200	104,17	50,00	1,41	3,50	1,21	0,45	-1,06
Mín.	1,92	192	83,48	40,00	0,70	2,50	0,98	0,35	-2,63

Tabla 22. Características sistemas de doble envolvente de 200 litros

150 ±5 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	Espesor aislamiento acumulador (mm)	Area de intercambio (m ²)	Presión 1º (bar)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)
9	1,80	145	80,56	40	0,98	3,5	0,77	0,29	-0,57
13	1,92	150	78,13	50	0,80	2,5	1,00	0,27	-0,61
19	2,20	155	70,45	40-60	0,65	3,5	0,98	0,29	-0,30
Media	1,97	150	76,38	45,00	0,81	3,17	0,91	0,28	-0,49
Max.	2,20	155	80,56	50,00	0,98	3,50	1,00	0,29	-0,30
Mín.	1,80	145	70,45	40,00	0,65	2,50	0,77	0,27	-0,61

Tabla 23. Características sistemas de doble envolverte de 150 litros

- Tubular

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	Espesor aislamiento acumulador (mm)	Area de intercambio (m ²)	Presión 1º (bar)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)
6	4,12	320	77,67	50	0,91	7	1,60	0,74	-1,70
10	4,00	282	70,50	50	0,90	7	1,75	0,51	-0,21
Media	4,06	301	74,08	50,00	0,91	7,00	1,67	0,63	-0,96
Max.	4,12	320	77,67	50,00	0,91	7,00	1,75	0,74	-0,21
Mín.	4,00	282	70,50	50,00	0,90	7,00	1,60	0,51	-1,70

Tabla 24. Características sistemas de tubular de 300 litros

200 ±15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	Espesor aislamiento acumulador (mm)	Area de intercambio (m ²)	Presión 1º (bar)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)
5	2,06	200	97,09	50	0,45	7	0,90	0,42	-1,49
15	2,00	187	93,50	50	0,40	7	0,91	0,41	-0,92
Media	2,03	194	95,29	50,00	0,43	7,00	0,90	0,42	-1,21
Max.	2,06	200	97,09	50,00	0,45	7,00	0,91	0,42	-0,92
Mín.	2,00	187	93,50	50,00	0,40	7,00	0,90	0,41	-1,49

Tabla 25. Características sistemas de tubular de 200 litros

El análisis de este punto, se lleva a cabo mediante la comparación de las siguientes variables de todos los sistemas a ensayo:

- a) Área de intercambio
 - b) Relación Volumen/Área
 - c) Rendimiento térmico sin pérdidas
 - d) Presiones máximas del circuito primario
- a) Área de intercambio

En la tabla 26 se puede ver las áreas de intercambio medias, máximas y mínimas de los diferentes grupos de sistemas. Se puede observar como los sistemas de 300 litros con intercambiadores doble envolvente tienen una media de 94% más de área media que los mismos con intercambiadores de tipo tubular. En los sistemas de 200 litros, los equipos con intercambiadores doble envolvente tienen una media de 151% más de área media que los equipos con intercambiadores de tipo tubular.

		Área media (m ²)	Área máxima(m ²)	Área mínima(m ²)
Doble envolvente	300 l	1,75	2,19	1,11
	200 l	1,07	1,41	0,70
	150 l	0,81	0,98	0,65
Tubular	300 l	0,91	0,91	0,90
	200 l	0,43	0,45	0,40

Tabla 26. Resultados área del intercambiador

- b) Relación Volumen/Área

En la tabla 27 se observa cómo las relaciones V/A medias de los sistemas de 300 litros con intercambiadores doble envolvente son similares a los de los sistemas con intercambiadores tipo tubular. Dicho valor oscila entre 74-75 l/m². Lo mismo pasa para los sistemas de 200 litros, 92-96 l/m².

		V/A medio (l/m ²)	V/A máximo (l/m ²)	V/A mínimo (l/m ²)
Doble envolvente	300 l	74,75	79,79	66,44
	200 l	92,97	104,17	83,48
	150 l	76,38	80,56	70,45
Tubular	300 l	74,08	77,67	70,50
	200 l	95,29	97,09	93,50

Tabla 27. Resultados Volumen/Área

- c) Rendimiento térmico sin pérdidas

Si se observa el rendimiento promedio sin pérdidas (a_1/A) de los sistemas de 300 litros, se puede ver que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 15% más de rendimiento que los tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 14,8%.

		a_1/A medio (%)	a_1/A máximo (%)	a_1/A mínimo (%)
Doble envolvente	300 l	47,43	50,31	44,45
	200 l	51,09	52,97	44,73
	150 l	46,35	51,83	42,63
Tubular	300 l	41,26	43,80	38,72
	200 l	44,49	45,28	43,70

Tabla 28. Resultados Rendimiento térmico sin pérdidas

d) Presiones máximas del circuito primario

Las presiones de descarga de las válvulas de seguridad del circuito primario para los sistemas de doble envolvente oscilan entre 2,5-3,5 bar, mientras que en los de tipo tubular es de 7 bar.

		Presión media (bar)	Presión máxima (bar)	Presión mínima (bar)
Doble envolvente	300 l	3,00	3,50	2,50
	200 l	3,10	3,50	2,50
	150 l	3,17	3,50	2,50
Tubular	300 l	7,00	7,00	7,00
	200 l	7,00	7,00	7,00

Tabla 29. Presión de descarga del circuito primario

3. Comparación de las gráficas Q vs H.

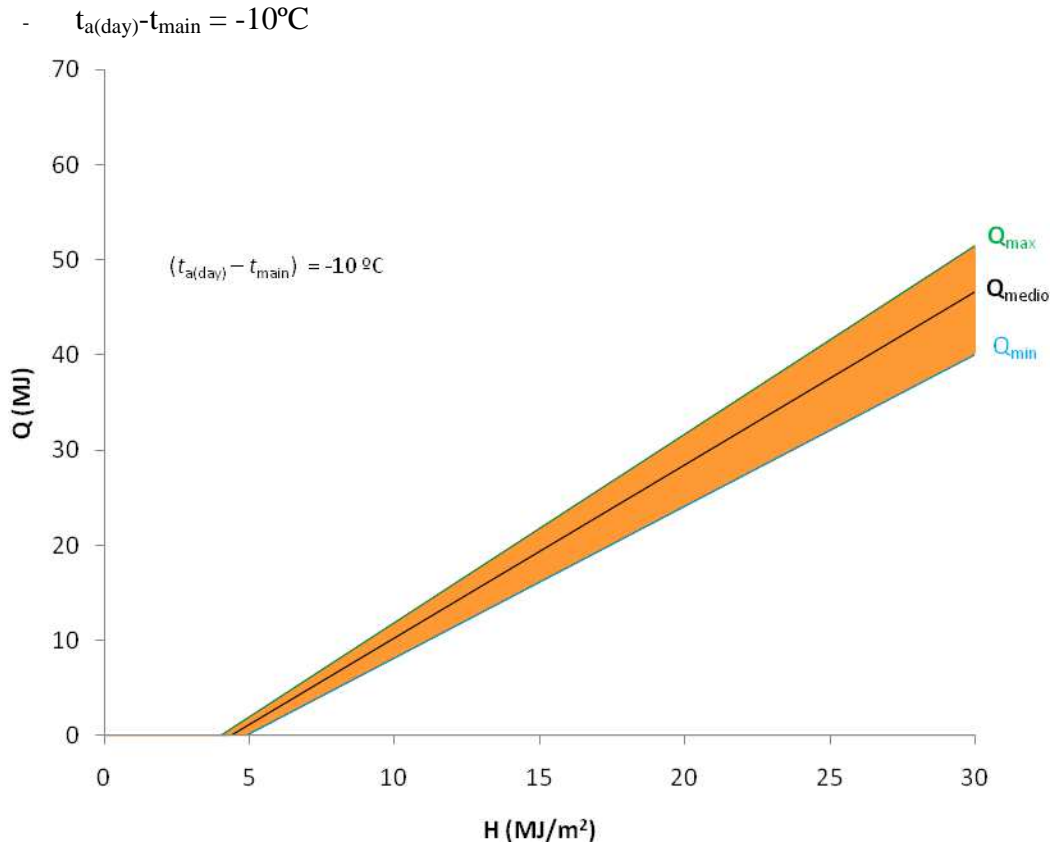
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

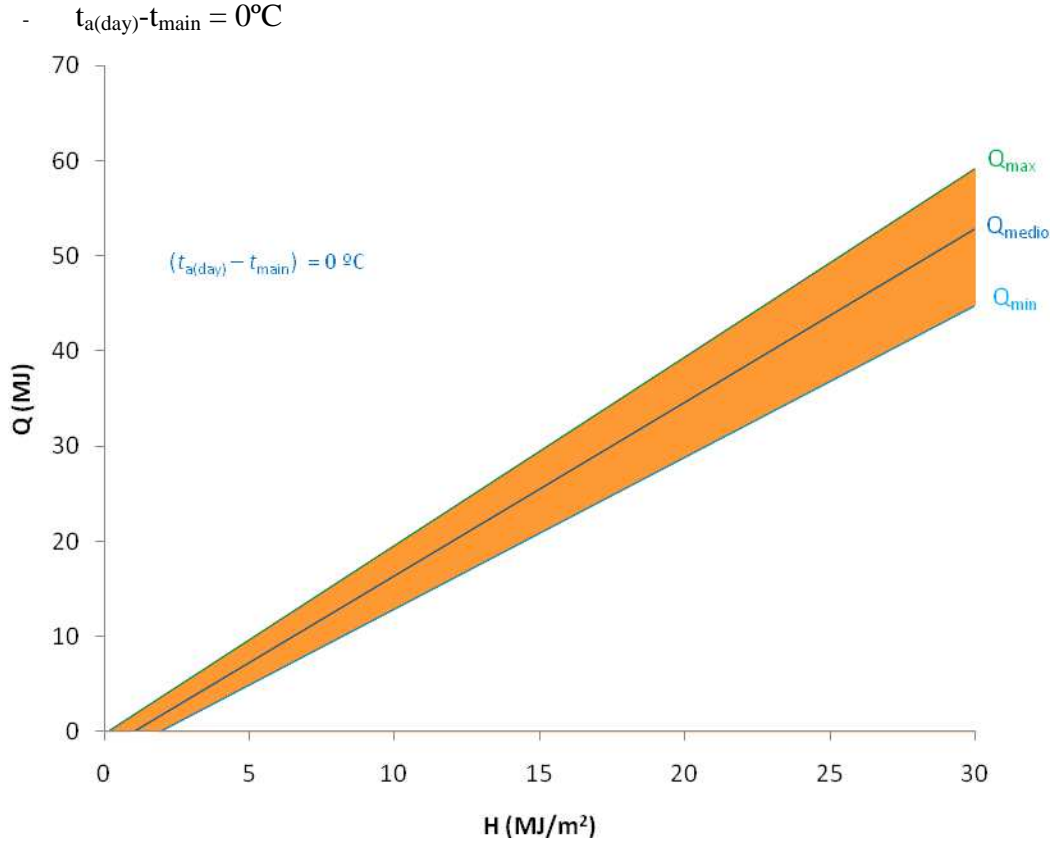
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
3	4,32	287	1,98	0,53	-1,97	0,85	0,83	0,15
6	4,12	320	1,60	0,74	-1,70	0,66	0,44	0,13
7	3,60	280	1,70	0,61	-2,00	0,54	0,46	0,11
10	4,00	282	1,75	0,51	-0,21	0,17	0,16	0,03
11	3,84	300	1,86	0,75	-2,42	0,84	0,54	0,18
17	3,81	300	1,92	0,53	-2,47	0,21	0,25	0,04
18	3,76	300	1,81	0,47	-0,57	0,10	0,15	0,02
21	4,36	295	1,94	0,77	-3,06	1,84	1,59	0,38
Media	3,98	296	1,82	0,61	-1,80	0,65	0,55	0,13
Max.	4,36	320	1,98	0,77	-0,21	1,84	1,59	0,38
Mín.	3,60	280	1,60	0,47	-3,06	0,10	0,15	0,02

Tabla 30 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 300 litros

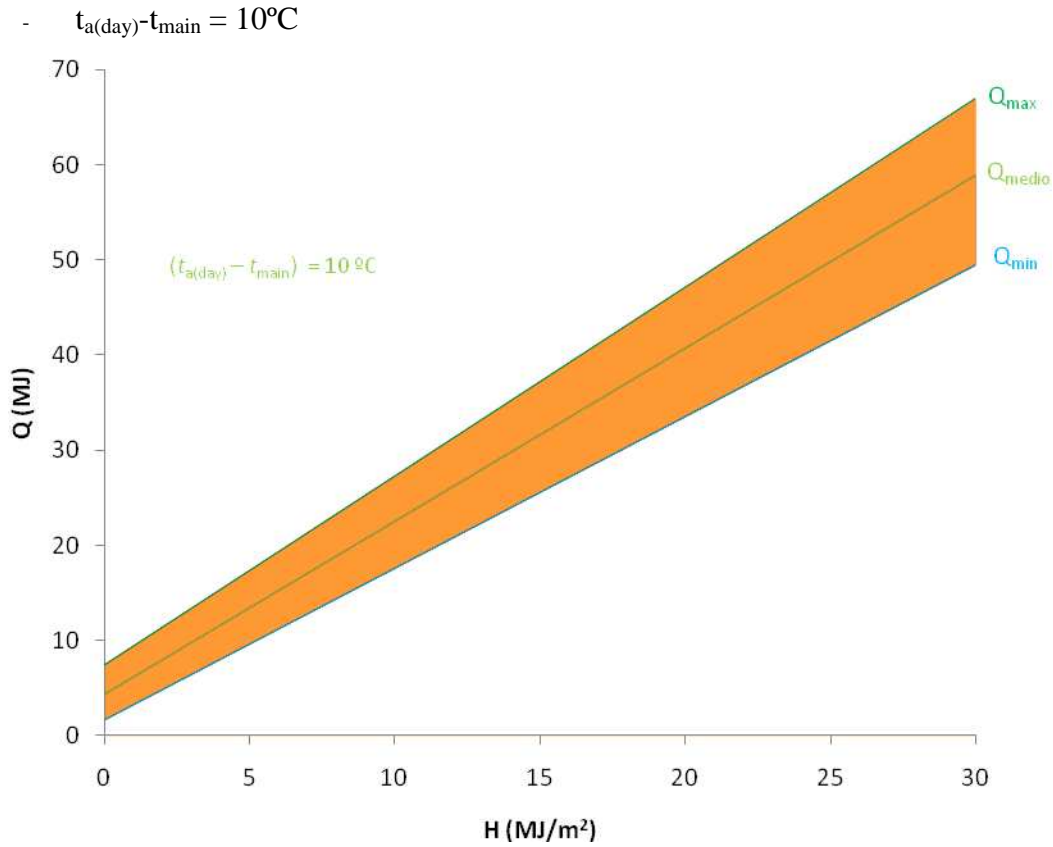
A continuación se representan las envolventes de las gráficas Q vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$



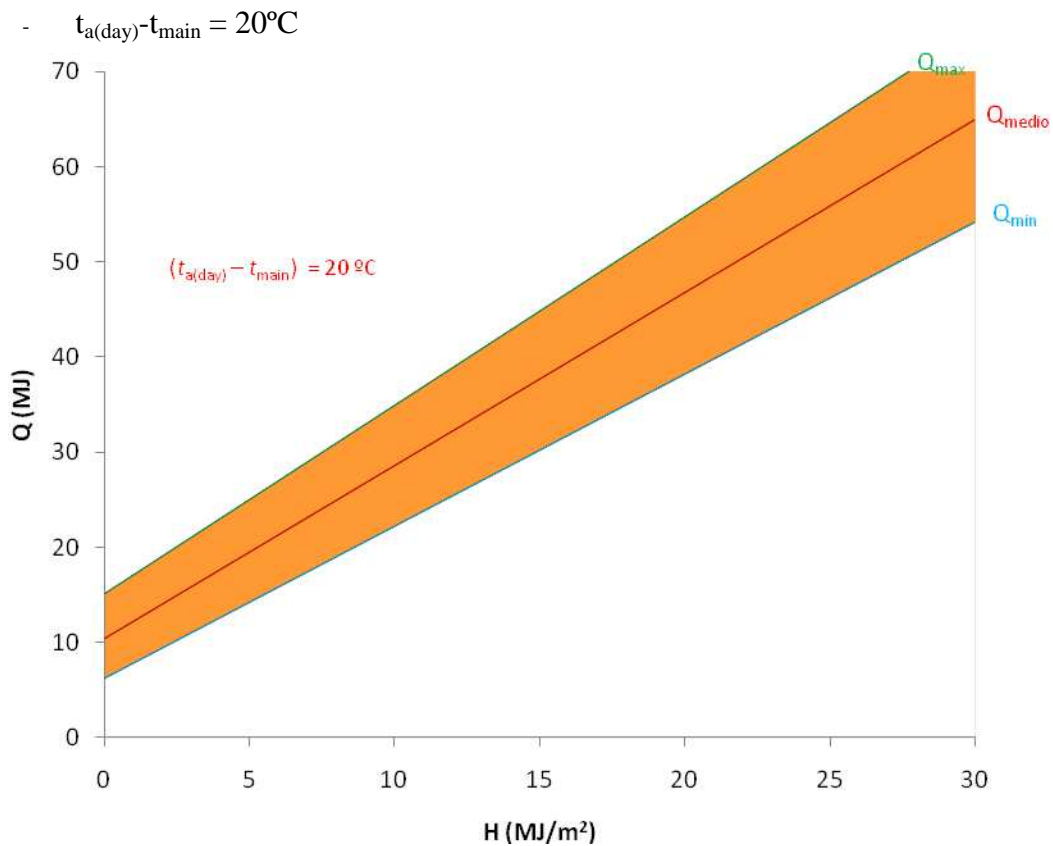
Gráfica 164. Envoltura Q vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



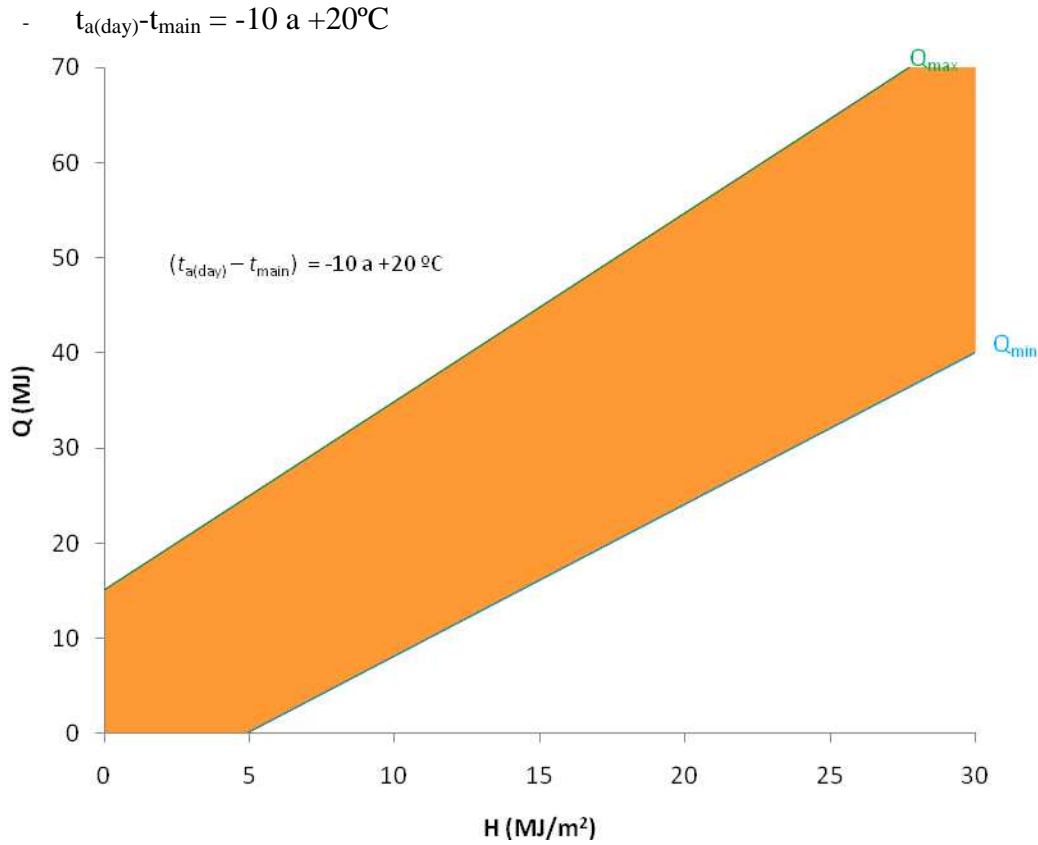
Gráfica 165. Envoltura Q vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$



Gráfica 166. Envoltura Q vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 167. Envoltura Q vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



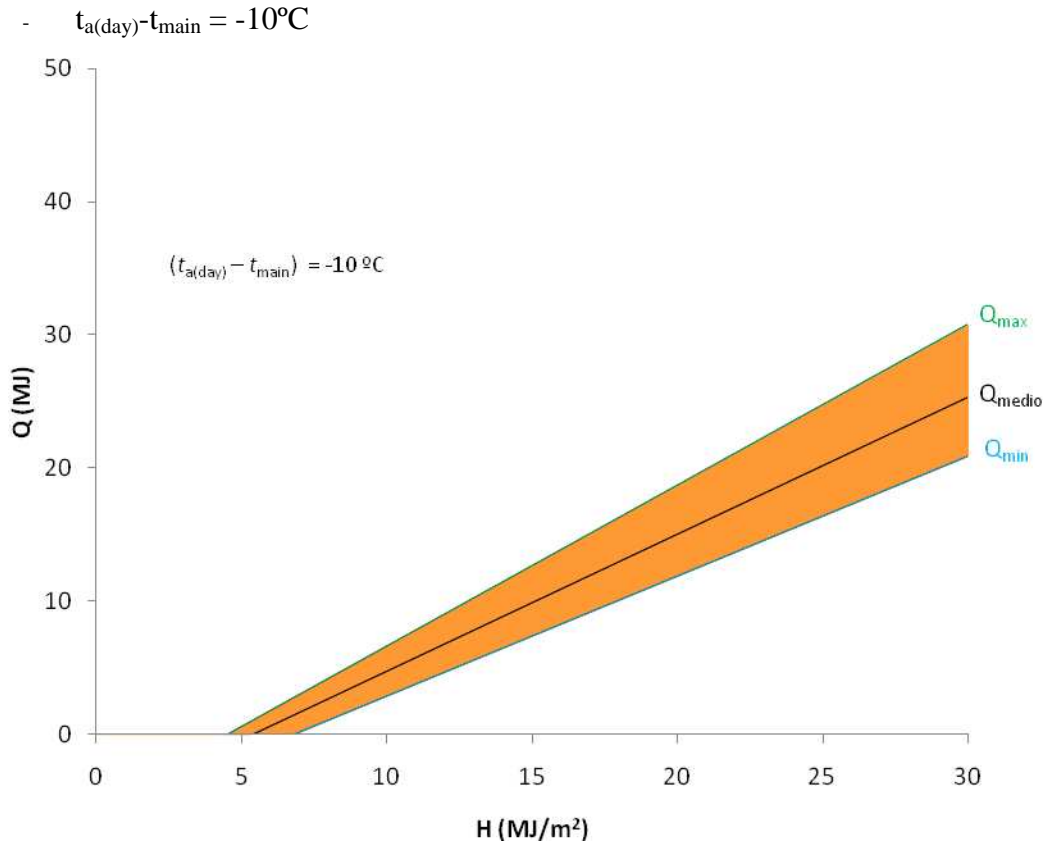
Gráfica 168. Envoltura Q vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

200 ± 15 litros

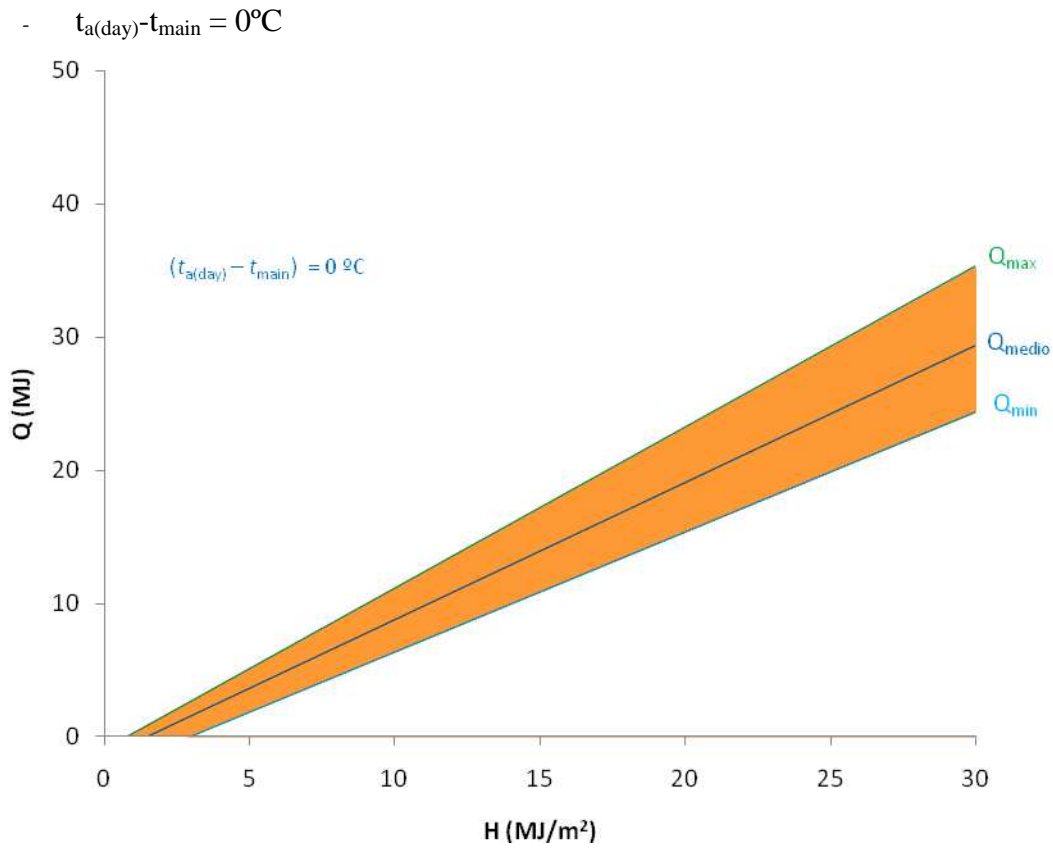
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
2	2,16	200	1,14	0,37	-1,06	0,36	0,39	0,07
4	2,30	192	1,21	0,45	-1,06	0,40	0,65	0,08
5	2,06	200	0,90	0,42	-1,49	0,54	0,51	0,10
8	2,00	192	1,06	0,35	-2,63	0,82	0,65	0,16
12	1,92	200	1,01	0,36	-1,75	0,51	0,50	0,10
15	2,00	187	0,91	0,41	-0,92	0,13	0,11	0,02
20	2,20	195	0,98	0,45	-1,72	1,09	0,86	0,21
Media	2,09	195	1,03	0,40	-1,52	0,55	0,52	0,11
Max.	2,30	200	1,21	0,45	-0,92	1,09	0,86	0,21
Mín.	1,92	187	0,90	0,35	-2,63	0,13	0,11	0,02

Tabla 31 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 200 litros

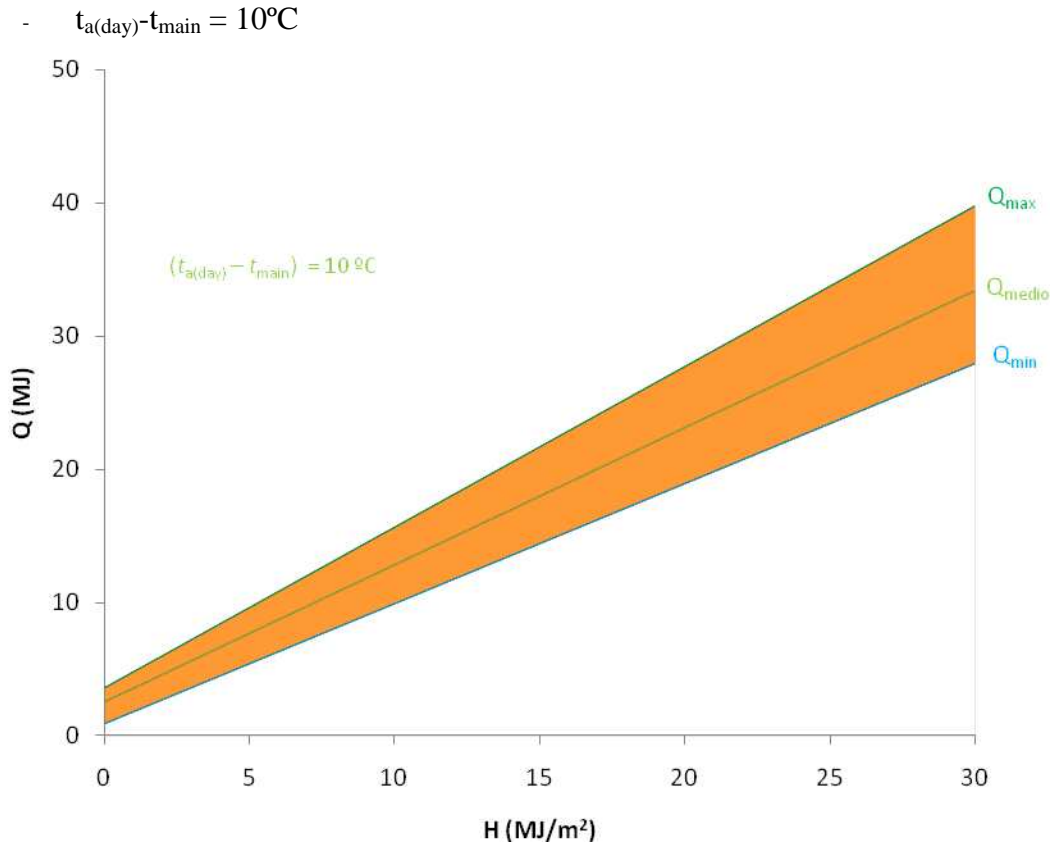
A continuación se representan las envolturas de las gráficas Q vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$



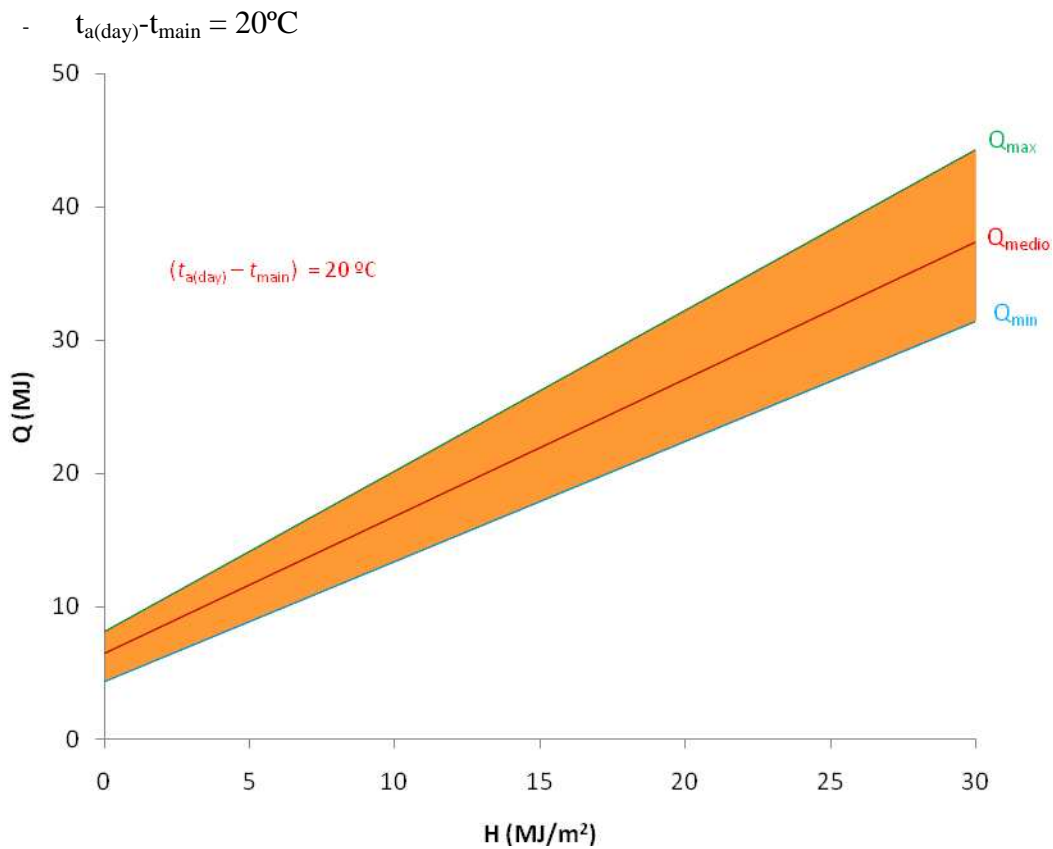
Gráfica 169. Envoltura Q vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



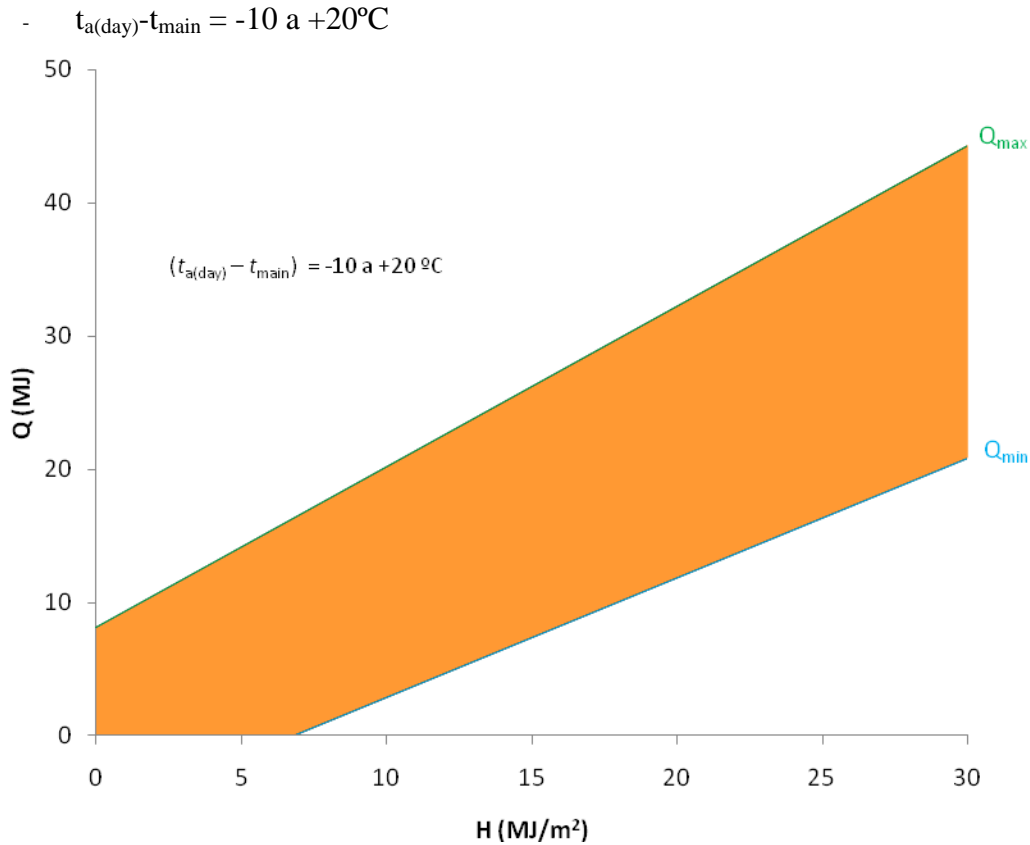
Gráfica 170. Envoltura Q vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$



Gráfica 171. Envoltura Q vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 172. Envoltura Q vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



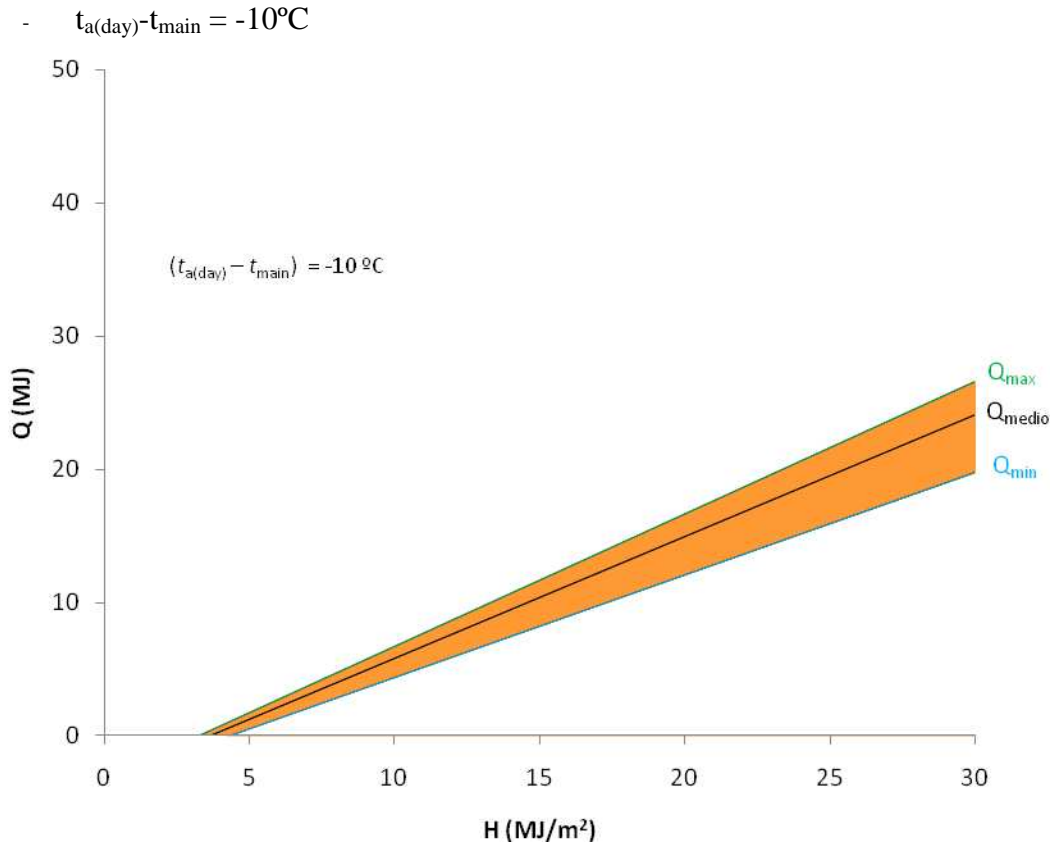
Gráfica 173. Envolvente Q vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

$150 \pm 5 \text{ litros}$

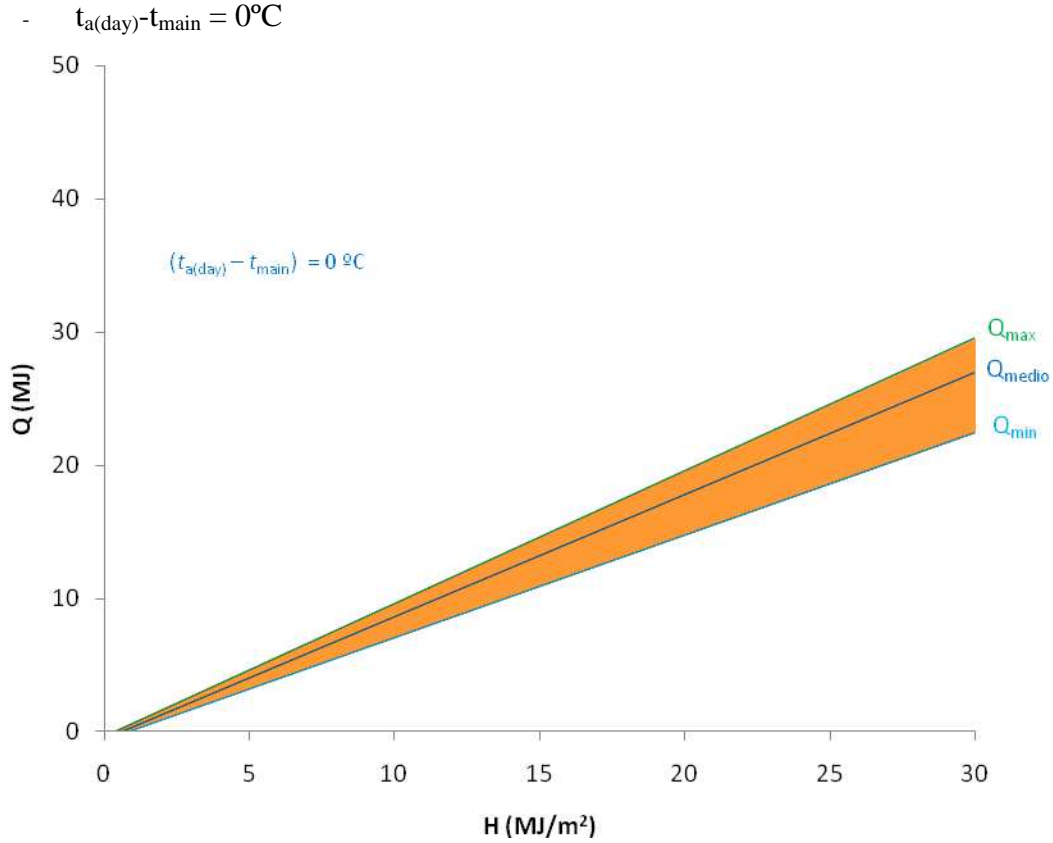
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
9	1,80	145	0,77	0,29	-0,57	0,16	0,14	0,04
13	1,92	150	1,00	0,27	-0,61	0,09	0,08	0,02
19	2,20	155	0,98	0,29	-0,30	0,06	0,12	0,01
Media	1,97	150	0,91	0,28	-0,49	0,10	0,11	0,02
Max.	2,20	155	1,00	0,29	-0,30	0,16	0,14	0,04
Mín.	1,80	145	0,77	0,27	-0,61	0,06	0,08	0,01

Tabla 32 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 150 litros

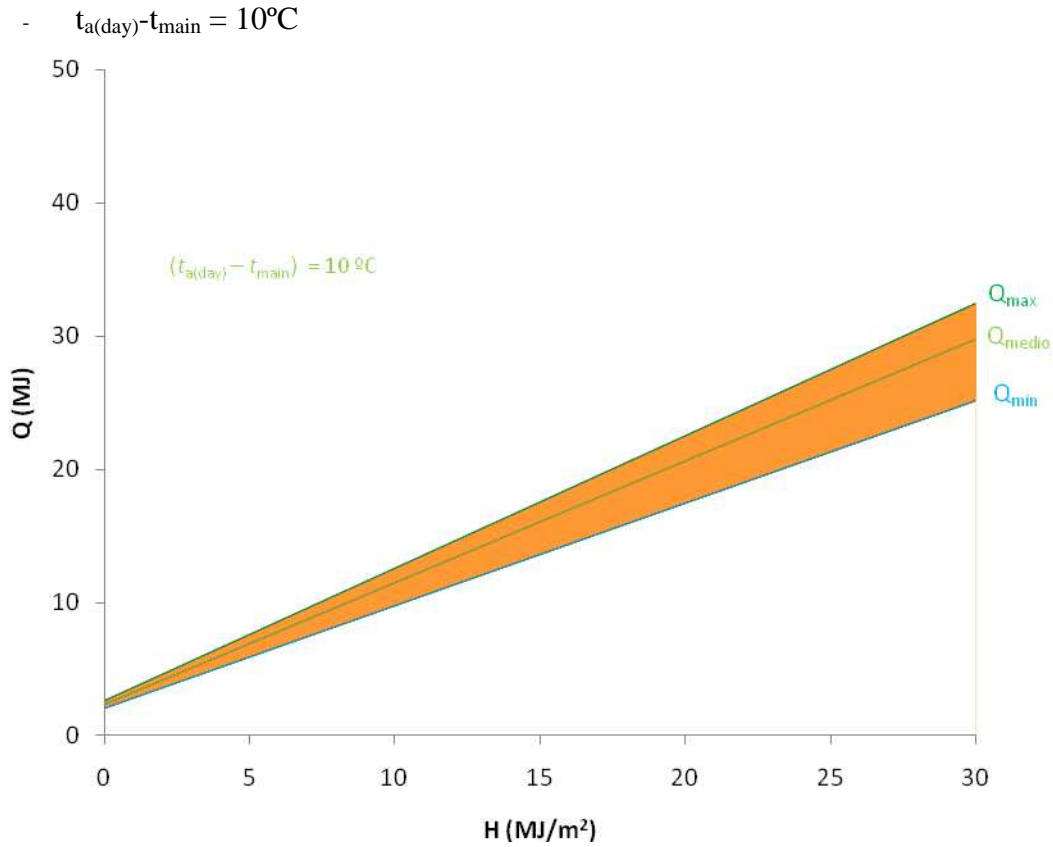
A continuación se representan las envolventes de las gráficas Q vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$



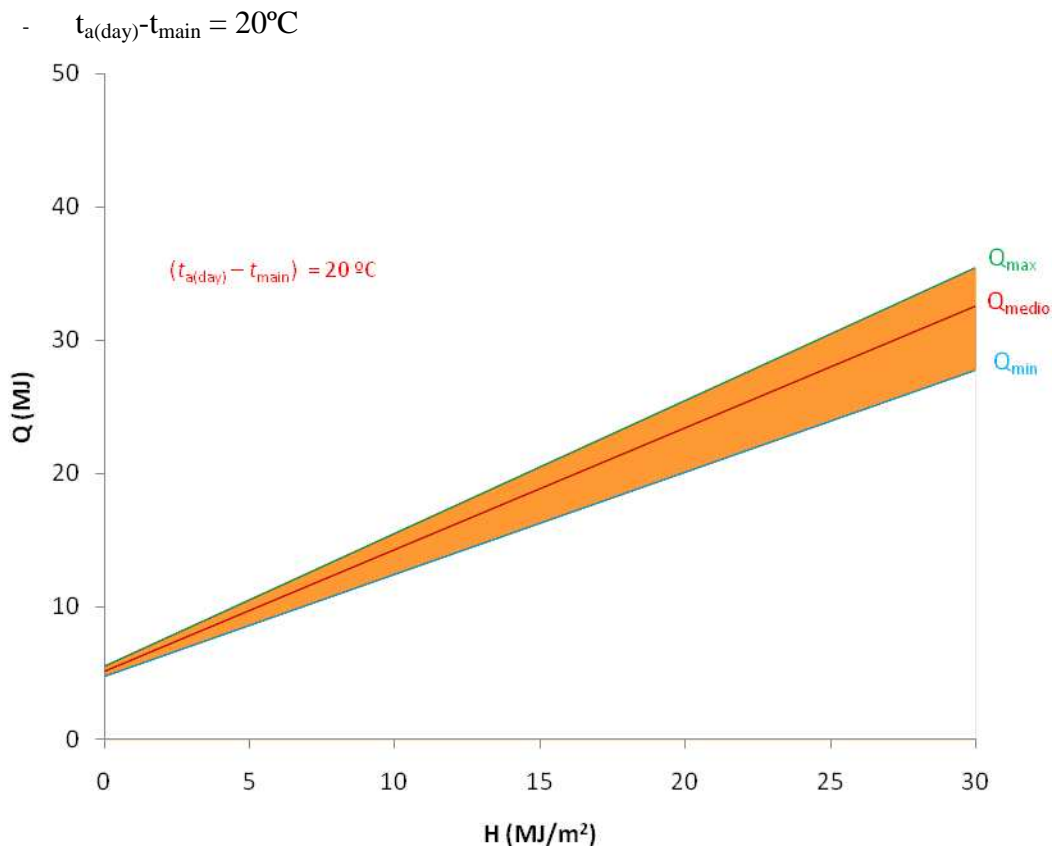
Gráfica 174. Envoltura Q vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



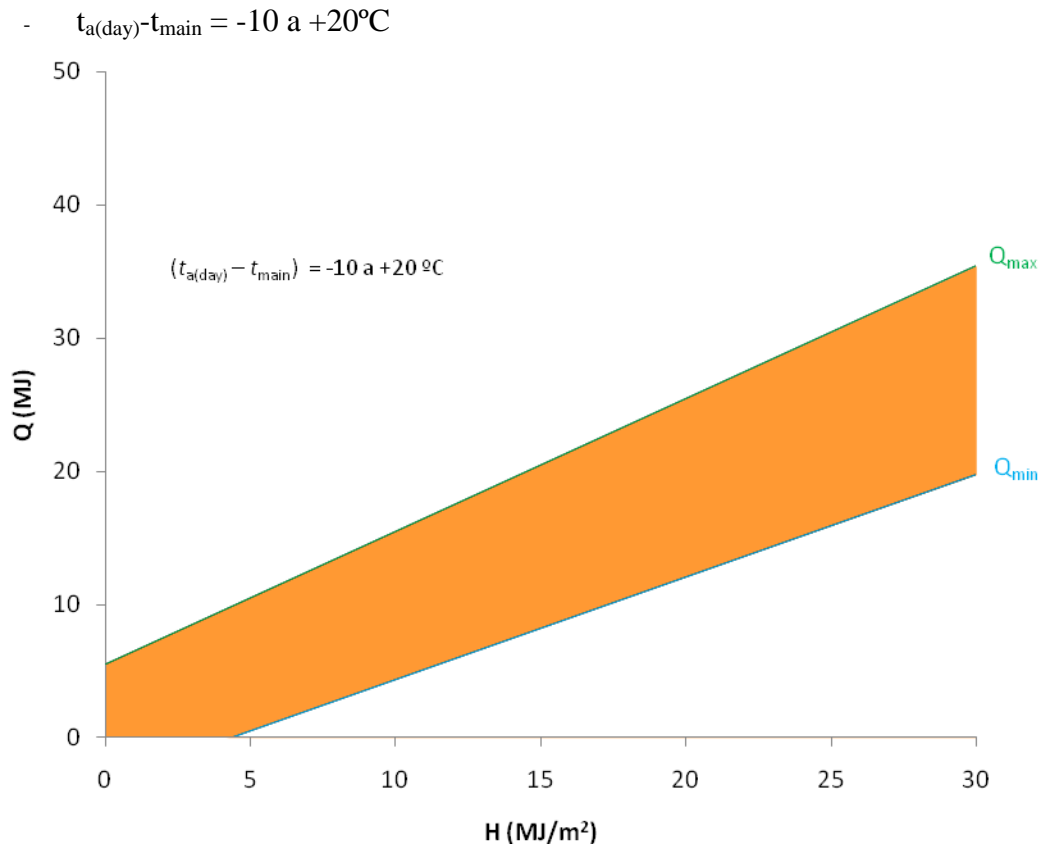
Gráfica 175. Envoltura Q vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$



Gráfica 176. Envoltura Q vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 177. Envoltura Q vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



Gráfica 178. Envoltura Q vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

4. Comparación de las gráficas η vs H.

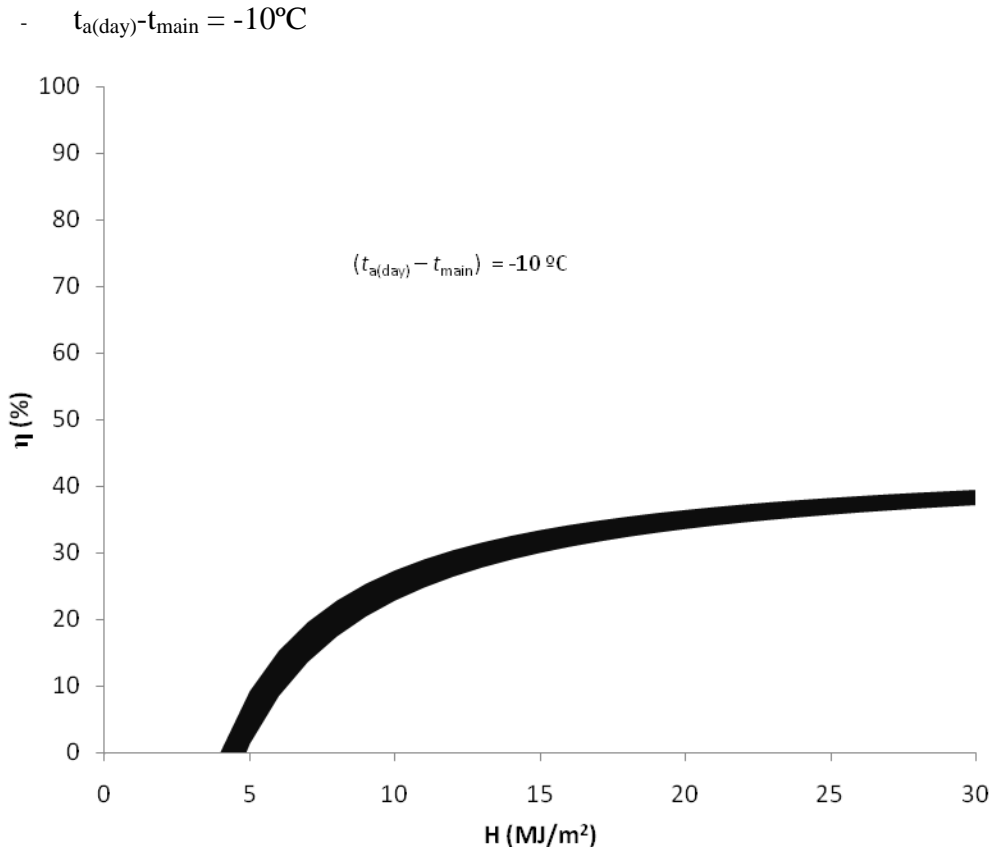
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

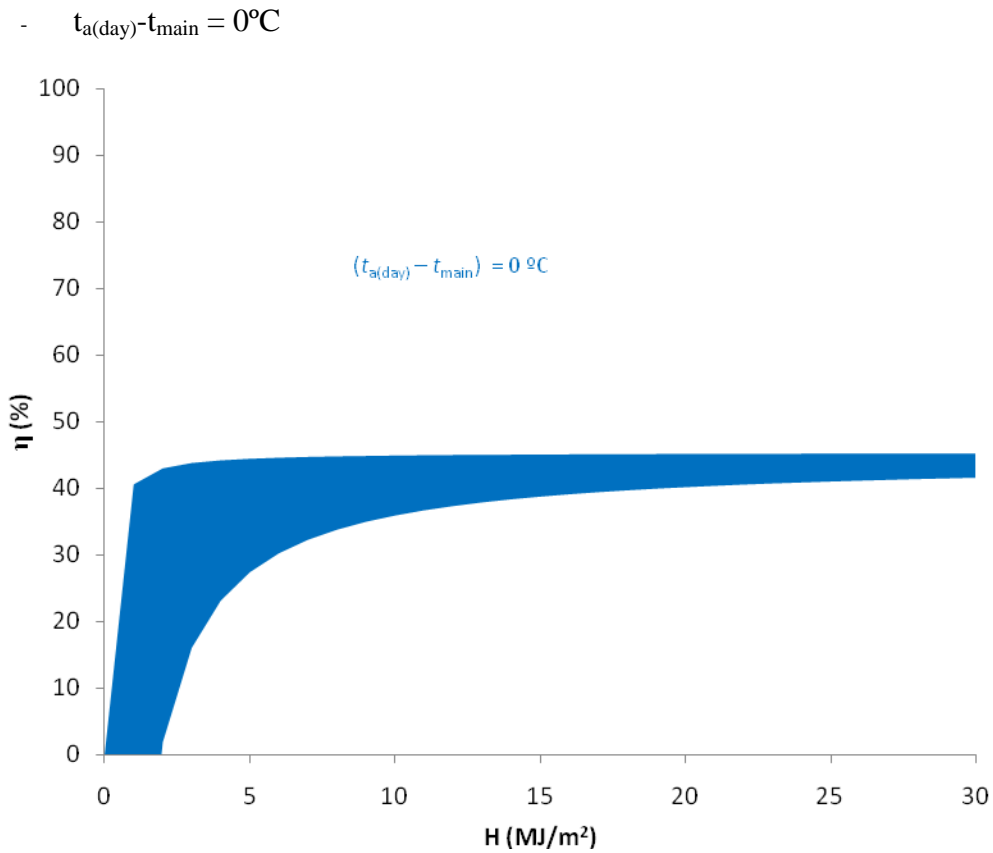
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
3	4,32	287	1,98	0,53	-1,97	0,85	0,83	0,15
6	4,12	320	1,60	0,74	-1,70	0,66	0,44	0,13
7	3,60	280	1,70	0,61	-2,00	0,54	0,46	0,11
10	4,00	282	1,75	0,51	-0,21	0,17	0,16	0,03
11	3,84	300	1,86	0,75	-2,42	0,84	0,54	0,18
17	3,81	300	1,92	0,53	-2,47	0,21	0,25	0,04
18	3,76	300	1,81	0,47	-0,57	0,10	0,15	0,02
21	4,36	295	1,94	0,77	-3,06	1,84	1,59	0,38
Media	3,98	296	1,82	0,61	-1,80	0,65	0,55	0,13
Max.	4,36	320	1,98	0,77	-0,21	1,84	1,59	0,38
Mín.	3,60	280	1,60	0,47	-3,06	0,10	0,15	0,02

Tabla 33 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 300 litros

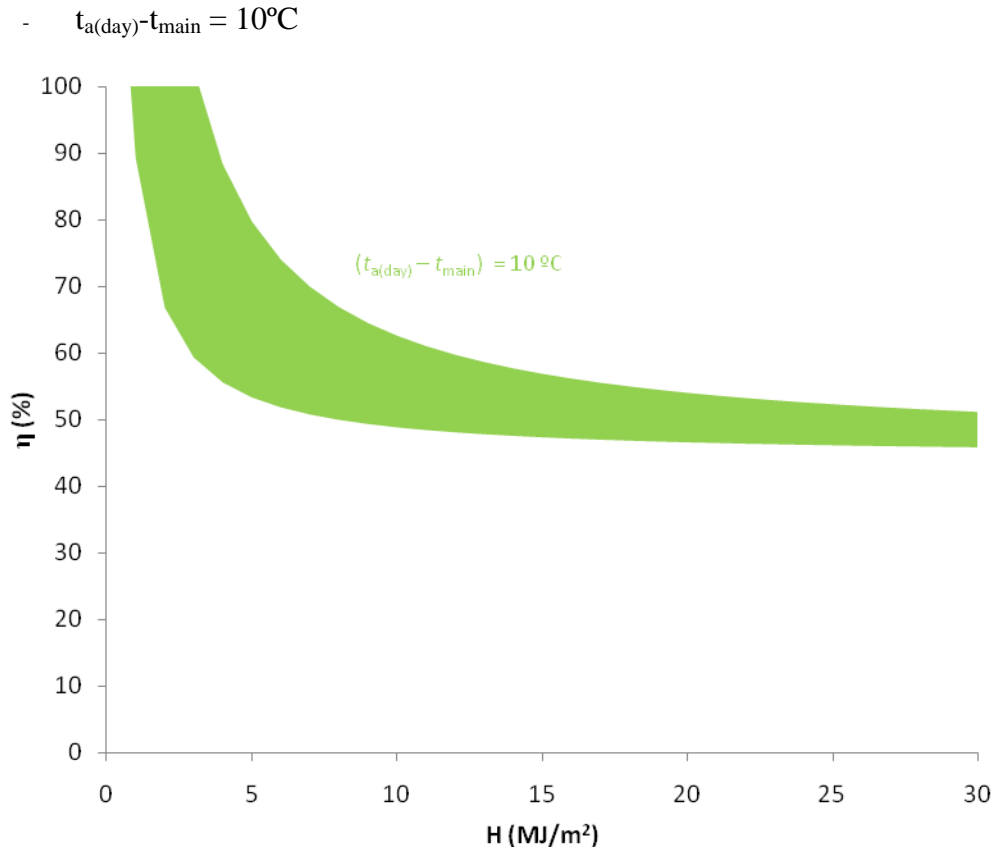
A continuación se representan las envolventes de las gráficas η vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$



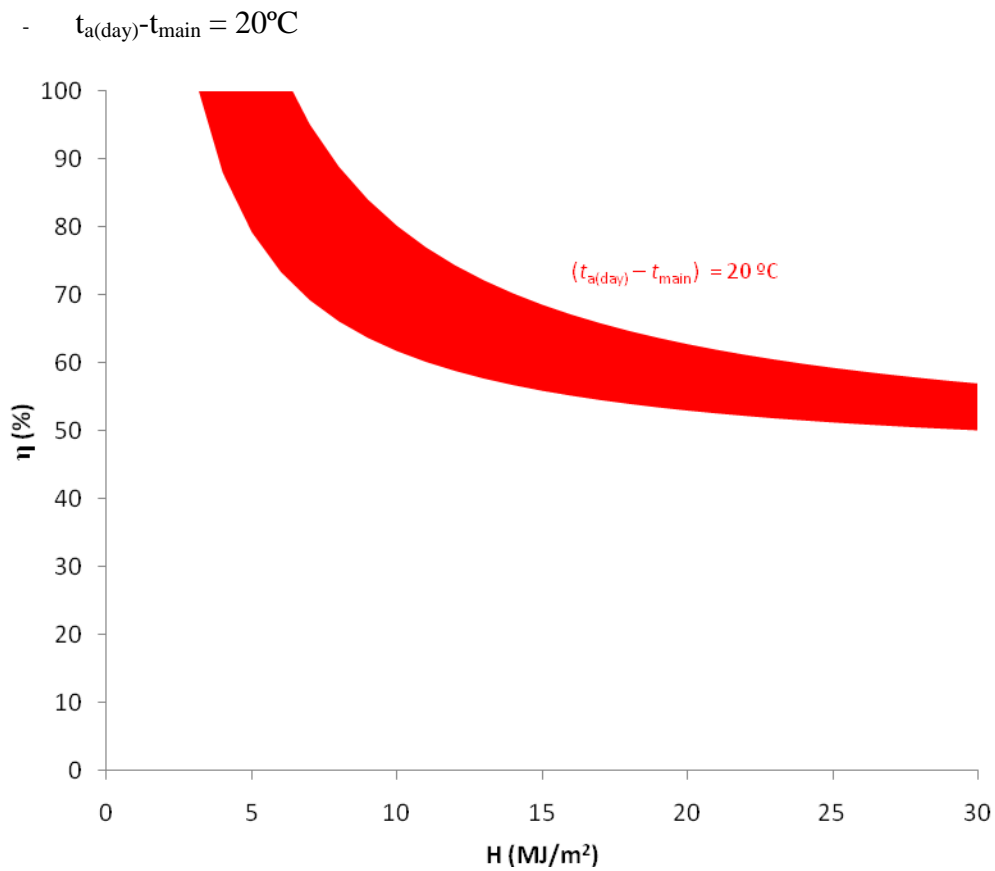
Gráfica 179. Envolute η vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 180. Envolute η vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$

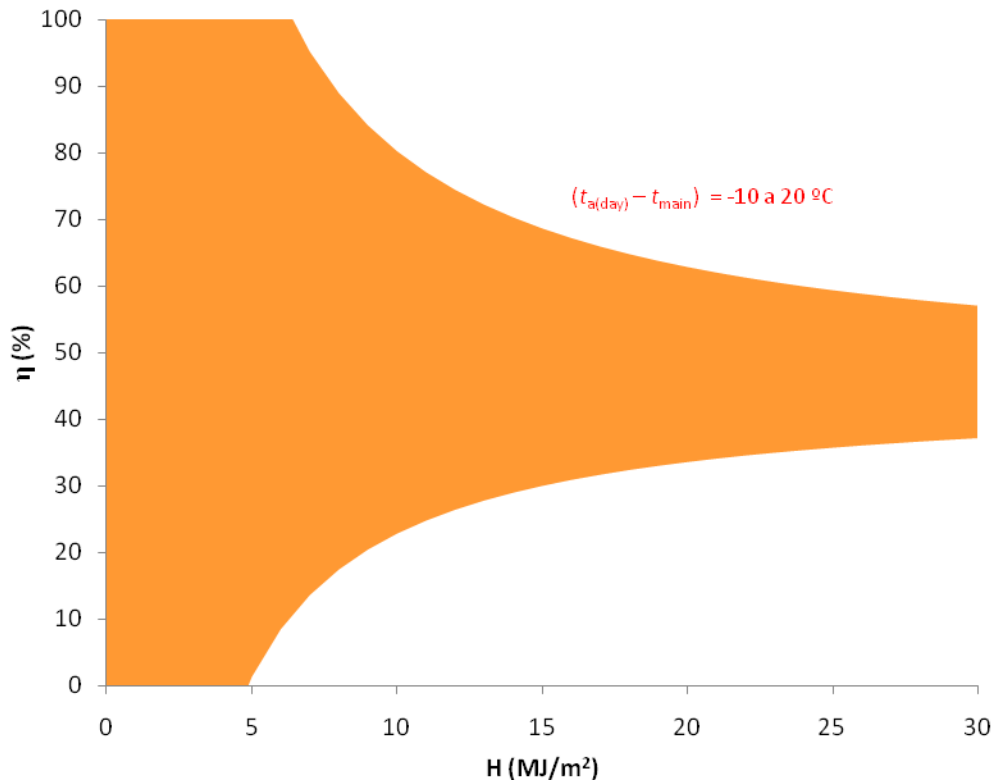


Gráfica 181. Envoltura η vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 182. Envoltura η vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$

- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$



Gráfica 183. Envolvente η vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$

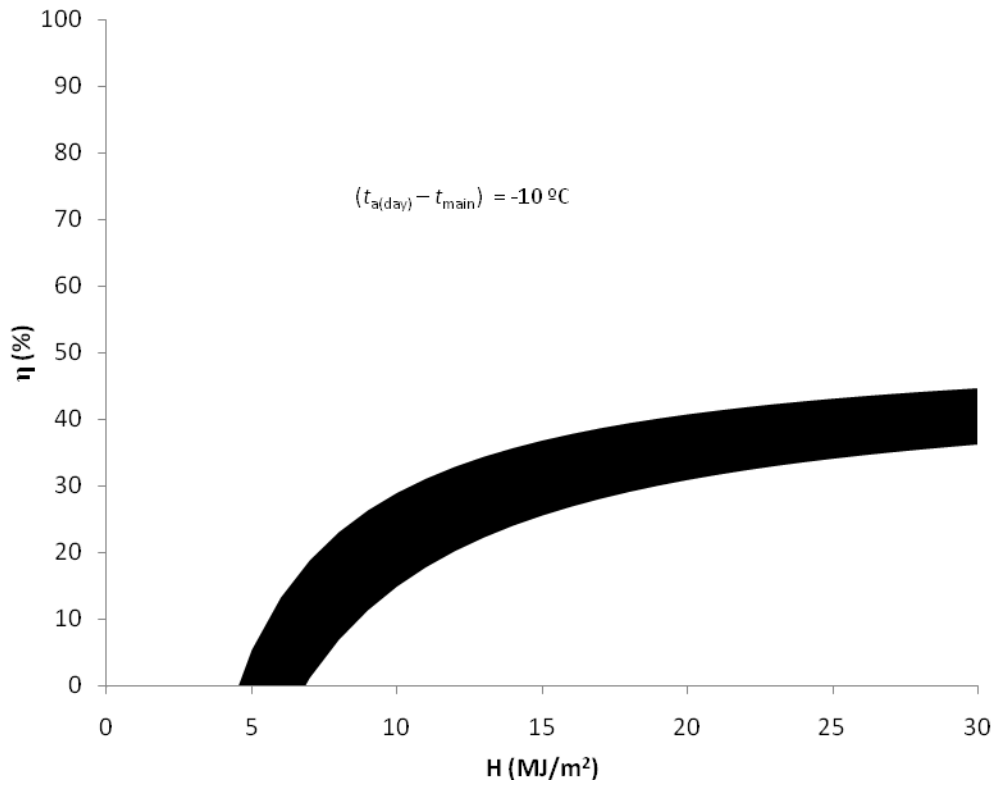
200 ± 15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
2	2,16	200	1,14	0,37	-1,06	0,36	0,39	0,07
4	2,30	192	1,21	0,45	-1,06	0,40	0,65	0,08
5	2,06	200	0,90	0,42	-1,49	0,54	0,51	0,10
8	2,00	192	1,06	0,35	-2,63	0,82	0,65	0,16
12	1,92	200	1,01	0,36	-1,75	0,51	0,50	0,10
15	2,00	187	0,91	0,41	-0,92	0,13	0,11	0,02
20	2,20	195	0,98	0,45	-1,72	1,09	0,86	0,21
Media	2,09	195	1,03	0,40	-1,52	0,55	0,52	0,11
Max.	2,30	200	1,21	0,45	-0,92	1,09	0,86	0,21
Mín.	1,92	187	0,90	0,35	-2,63	0,13	0,11	0,02

Tabla 34 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 200 litros

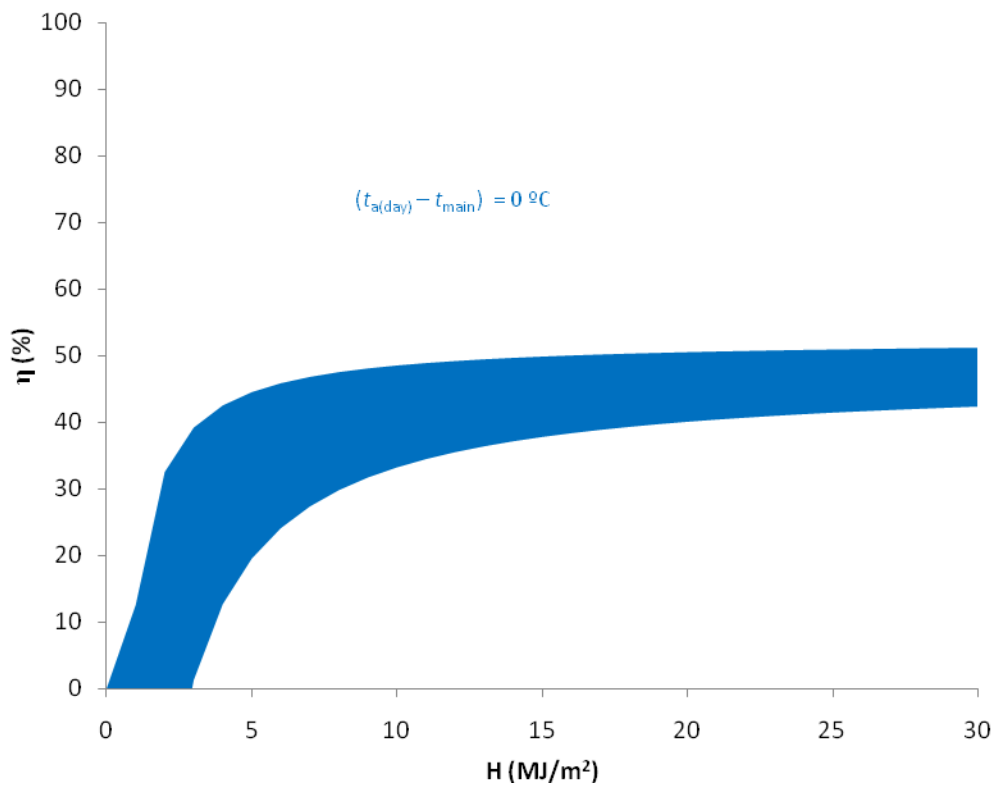
A continuación se representan las envolventes de las gráficas η vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$

- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$

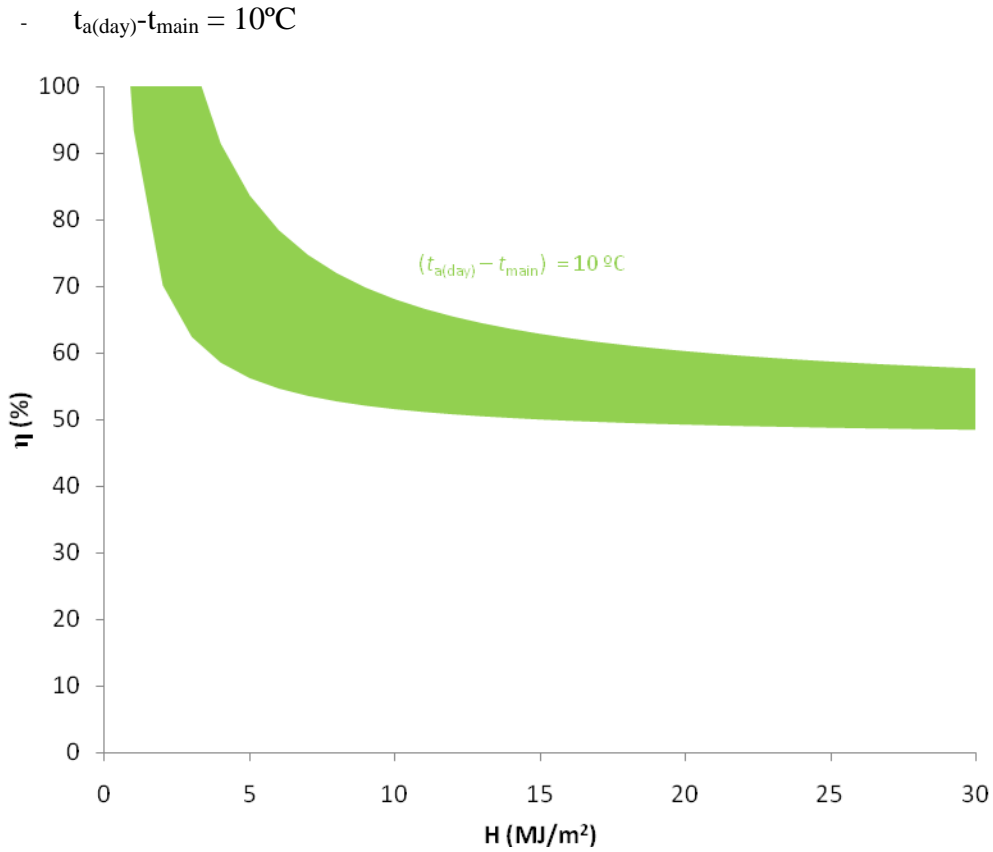


Gráfica 184. Envolute η vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$

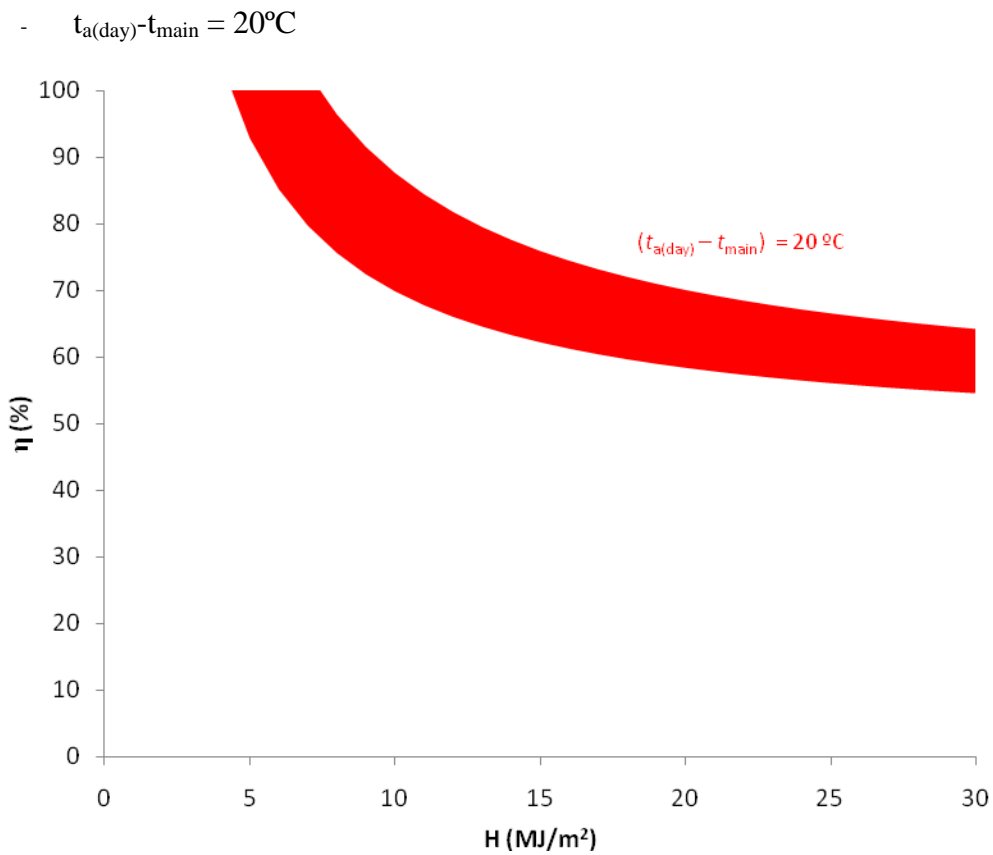
- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$



Gráfica 185. Envolute η vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$

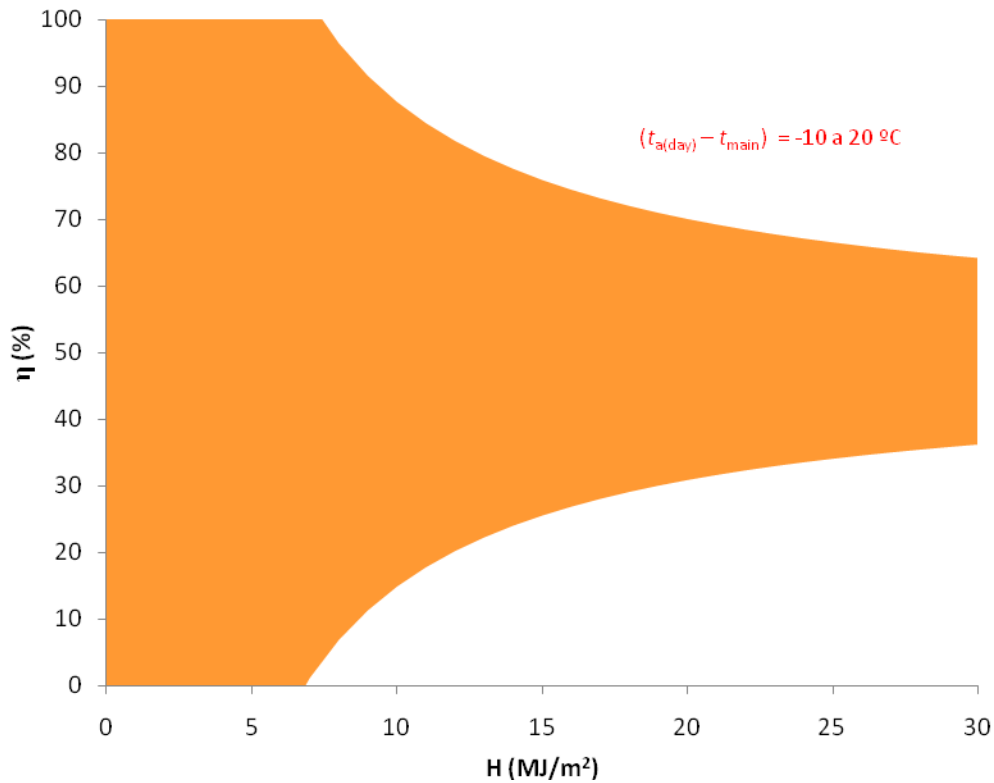


Gráfica 186. Envoltura η vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 187. Envoltura η vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$

- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$



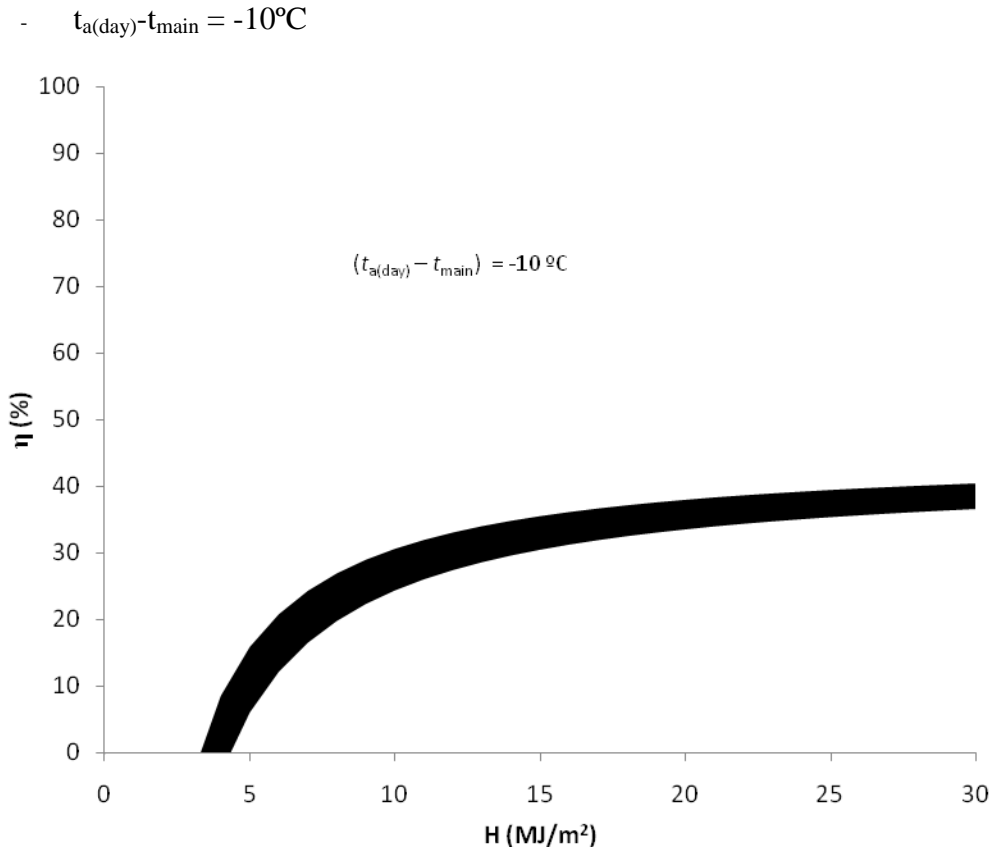
Gráfica 188. Envolvente η vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$

150 ± 5 litros

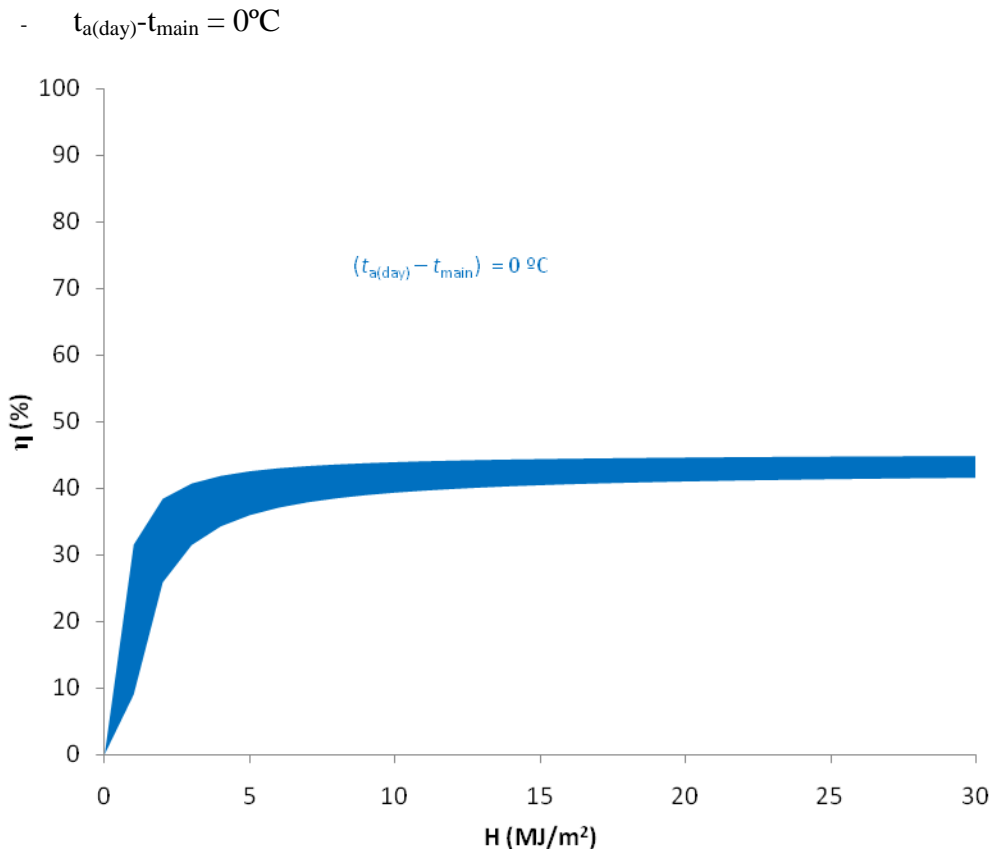
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	a ₁ (m ²)	a ₂ (MJ/K)	a ₃ (MJ)	ua ₁ x 10 ⁻² (m ²)	ua ₂ x 10 ⁻² (MJ/K)	ua ₃ (MJ)
9	1,80	145	0,77	0,29	-0,57	0,16	0,14	0,04
13	1,92	150	1,00	0,27	-0,61	0,09	0,08	0,02
19	2,20	155	0,98	0,29	-0,30	0,06	0,12	0,01
Media	1,97	150	0,91	0,28	-0,49	0,10	0,11	0,02
Max.	2,20	155	1,00	0,29	-0,30	0,16	0,14	0,04
Mín.	1,80	145	0,77	0,27	-0,61	0,06	0,08	0,01

Tabla 35 Coeficientes del rendimiento de los sistemas de 150 litros

A continuación se representan las envolventes de las gráficas η vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$

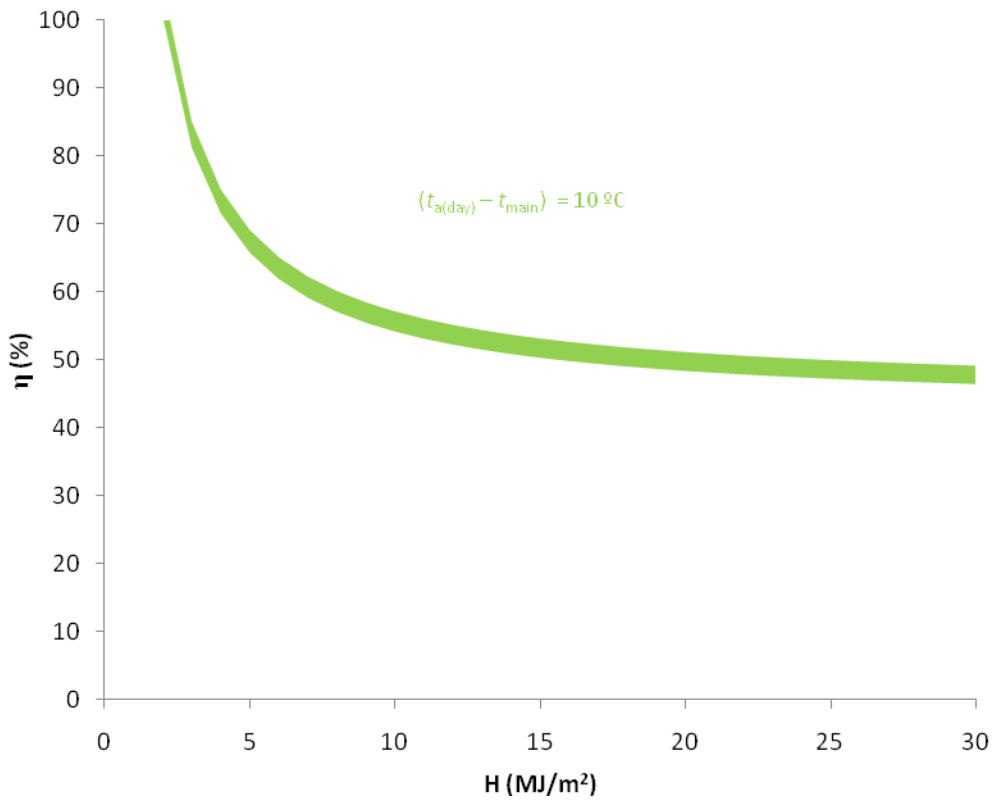


Gráfica 189. Envolute η vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



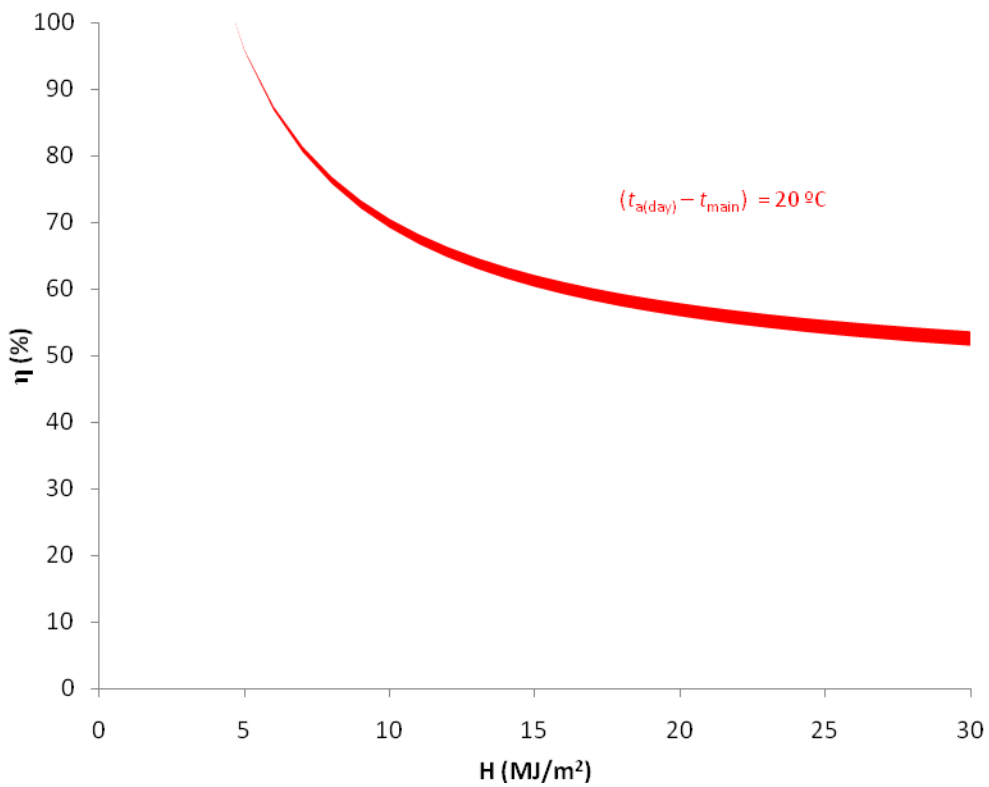
Gráfica 190. Envolute η vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$

- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$

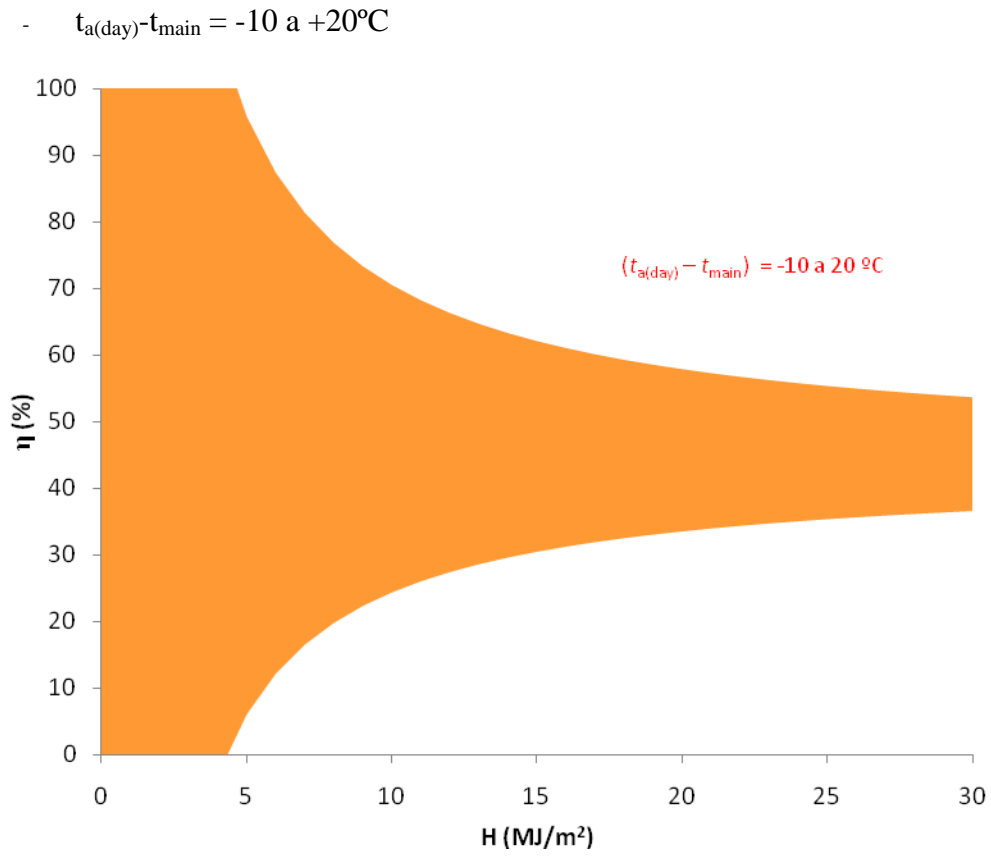


Gráfica 191. Envolverte η vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$

- $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



Gráfica 192. Envolverte η vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



5. Comparación de las gráficas $t_{d(max)}-t_{main}$ vs H.

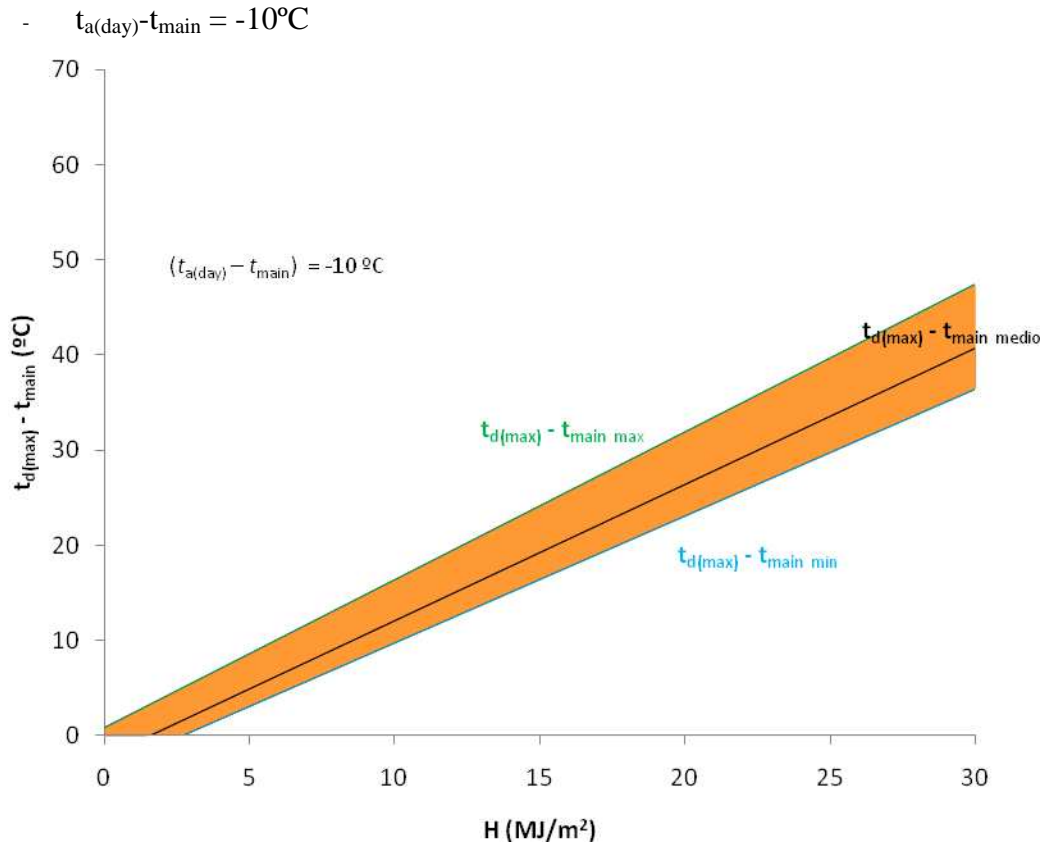
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

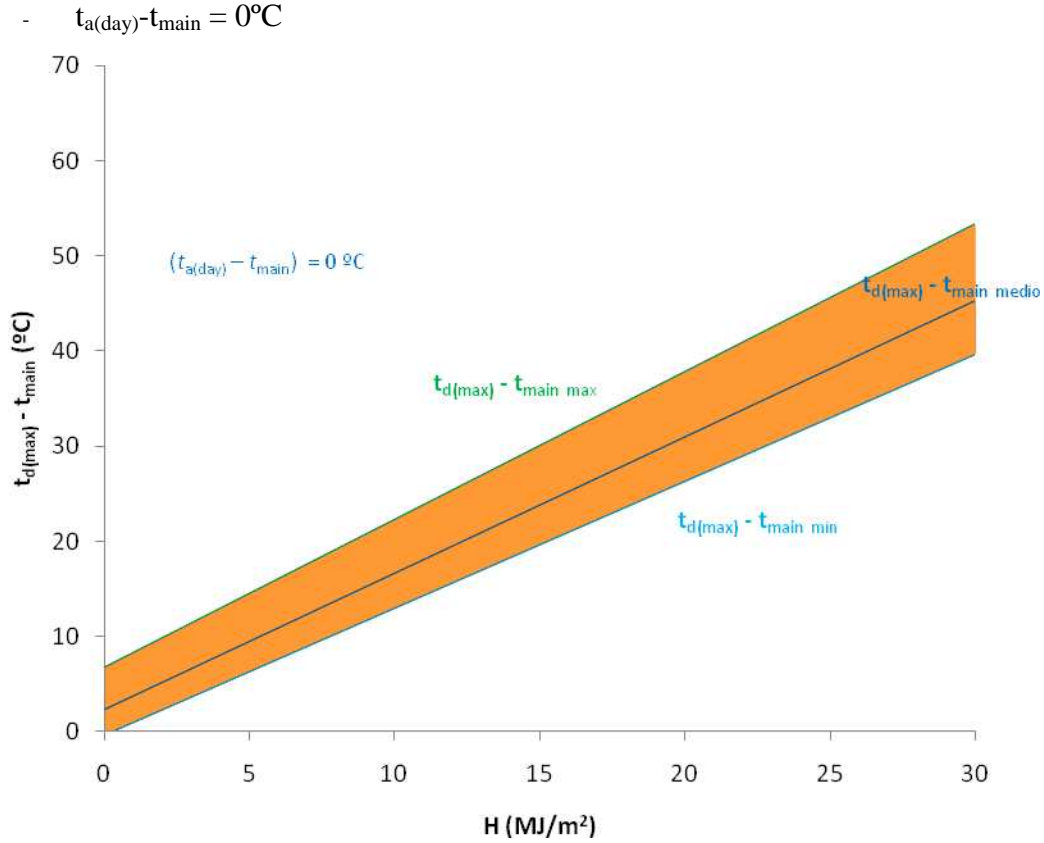
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	b ₁ (m ² K/MJ)	b ₂	b ₃ (K)	ub ₁ x 10 ⁻² (m ² K/MJ)	ub ₂ x 10 ⁻²	ub ₃ (K)
3	4,32	287	1,55	0,34	2,52	1,15	1,13	0,20
6	4,12	320	1,33	0,54	-0,36	0,41	0,27	0,08
7	3,60	280	1,37	0,45	2,84	0,81	0,68	0,16
10	4,00	282	1,53	0,43	0,56	0,17	0,16	0,03
11	3,84	300	1,39	0,55	5,20	1,83	1,18	0,40
17	3,81	300	1,34	0,41	1,18	0,22	0,25	0,04
18	3,76	300	1,40	0,32	6,74	0,10	0,15	0,02
21	4,36	295	1,54	0,59	-0,17	1,20	1,05	0,25
Media	3,98	296	1,43	0,45	2,31	0,74	0,61	0,15
Max.	4,36	320	1,55	0,59	6,74	1,83	1,18	0,40
Mín.	3,60	280	1,33	0,32	-0,36	0,10	0,15	0,02

Tabla 36 Coeficientes del incremento de la temperatura del agua de 300 litros

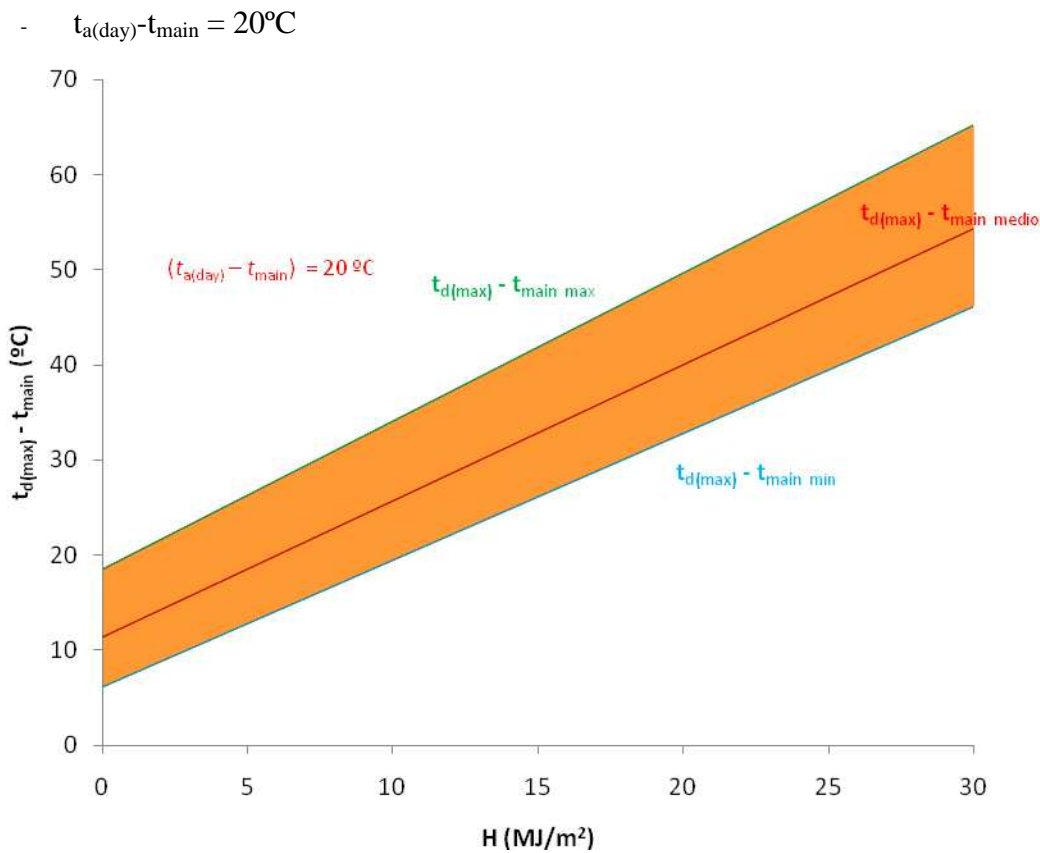
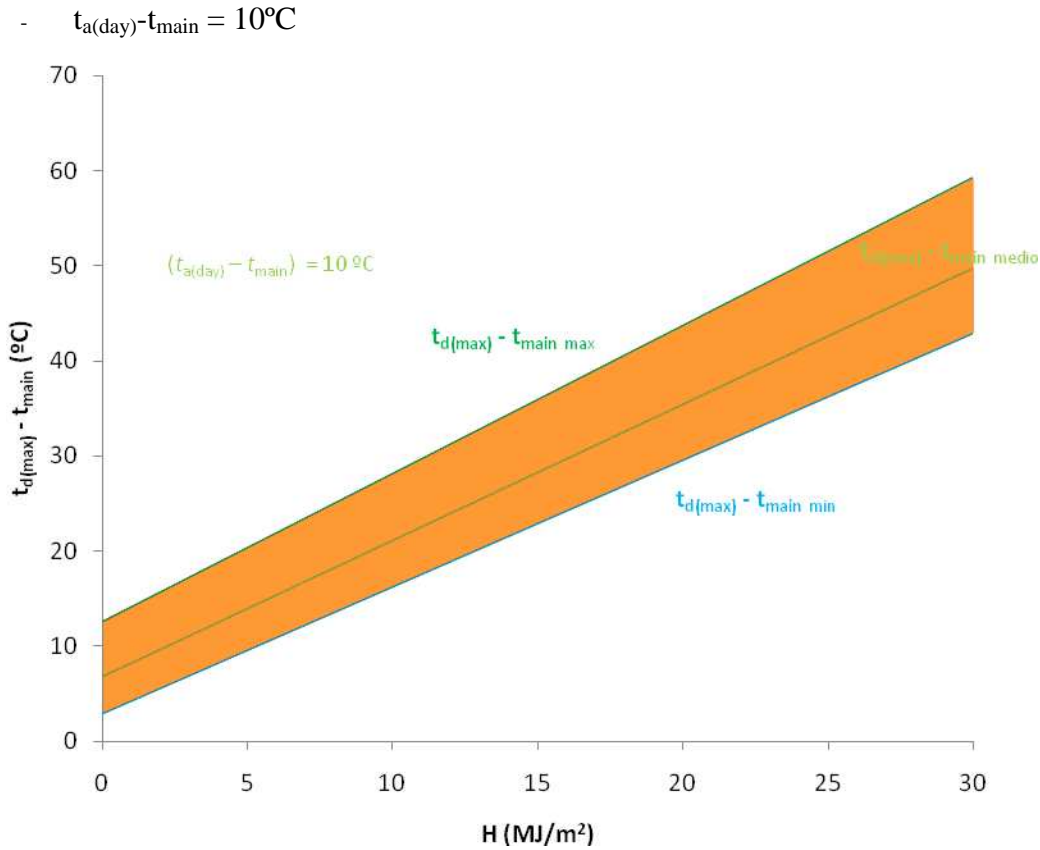
A continuación se representan las envolventes de las gráficas $t_{d(max)}-t_{main}$ vs H para diferentes $t_{a(day)}-t_{main}$

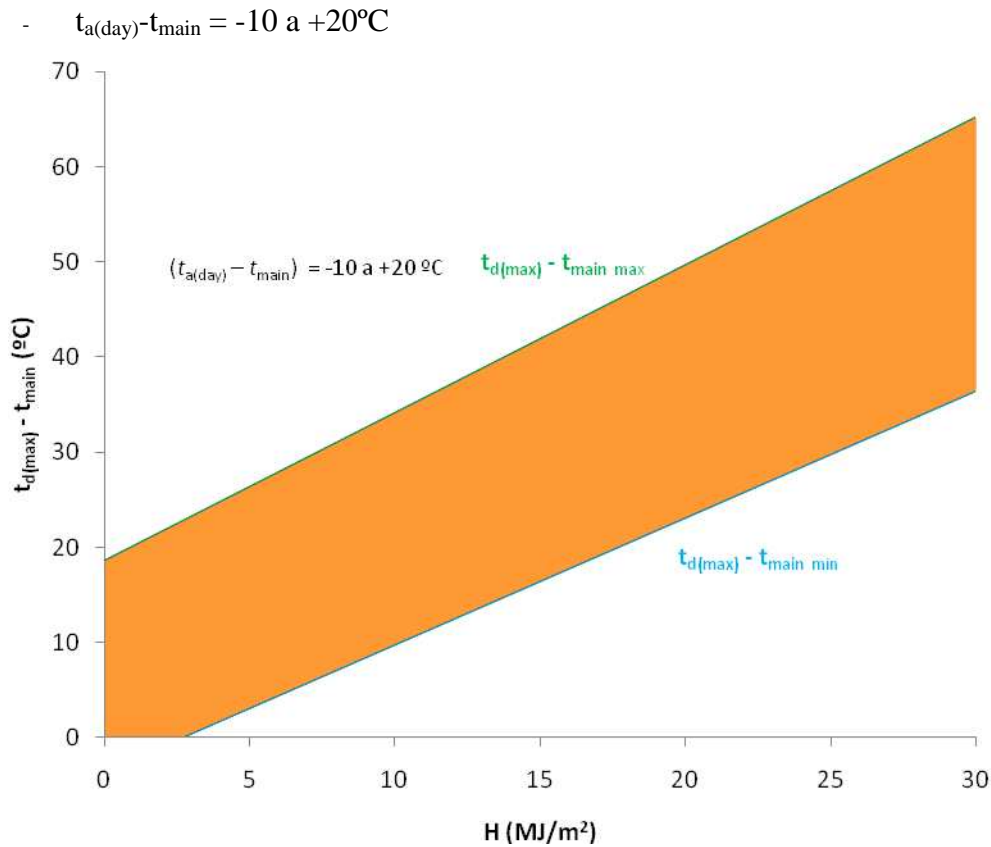


Gráfica 194. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 195. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$





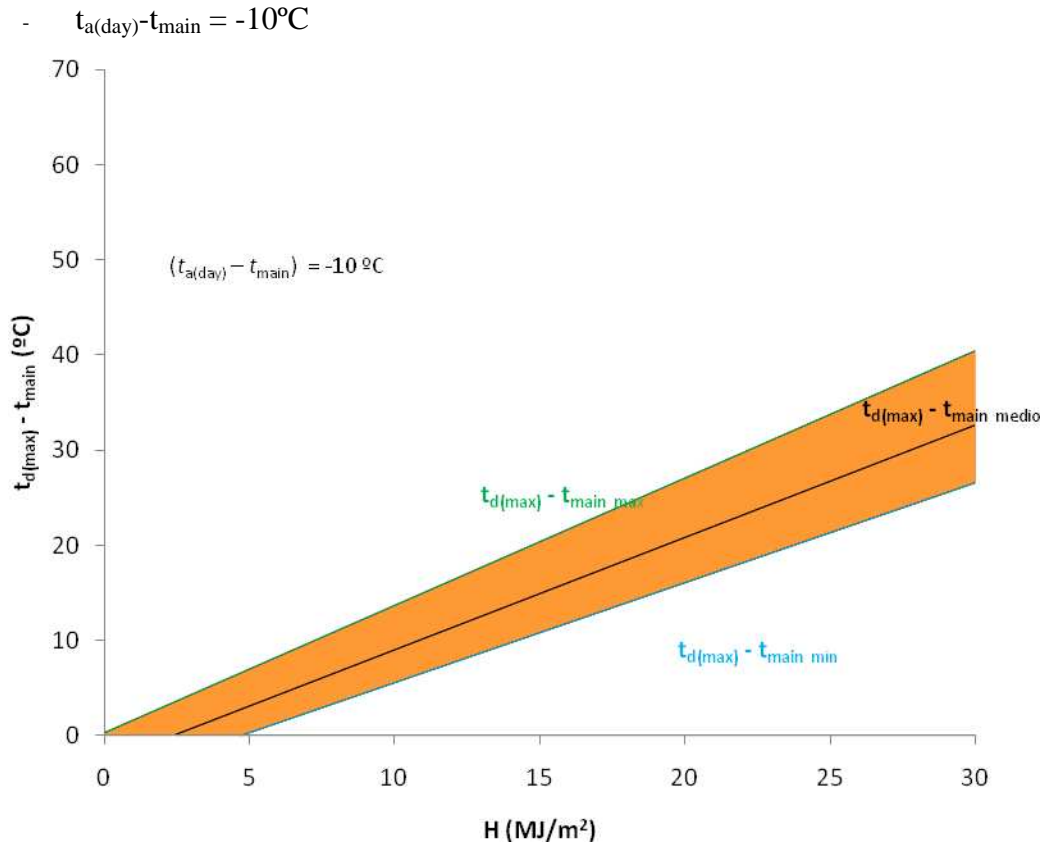
Gráfica 198. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

200 ± 15 litros

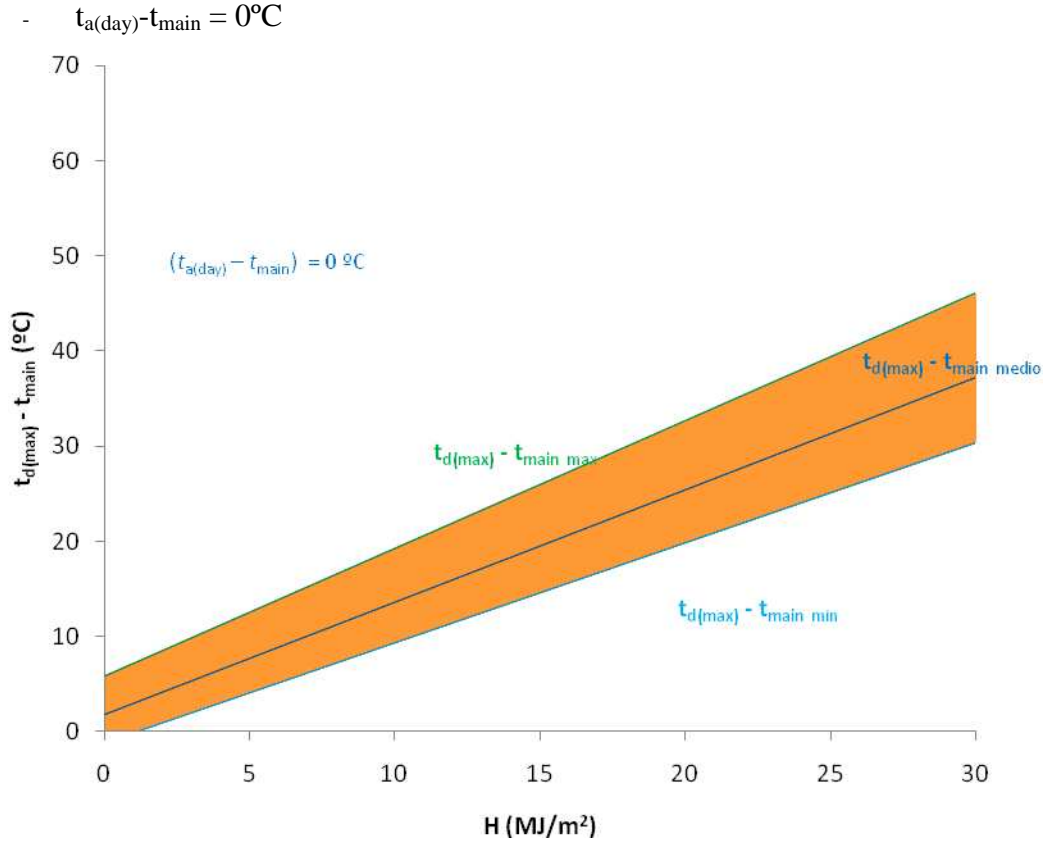
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	b ₁ (m ² K/MJ)	b ₂	b ₃ (K)	ub ₁ × 10 ⁻² (m ² K/MJ)	ub ₂ × 10 ⁻²	ub ₃ (K)
2	2,16	200	1,05	0,38	5,86	0,36	0,39	0,07
4	2,30	192	1,34	0,49	3,72	1,42	2,34	0,29
5	2,06	200	1,09	0,42	-1,11	0,54	0,50	0,10
8	2,00	192	1,21	0,44	1,84	0,65	0,52	0,12
12	1,92	200	1,27	0,48	1,85	0,60	0,60	0,12
15	2,00	187	1,09	0,46	0,04	0,18	0,15	0,03
20	2,20	195	1,22	0,56	0,51	1,06	0,86	0,21
Media	2,09	195	1,18	0,46	1,82	0,69	0,77	0,13
Max.	2,30	200	1,34	0,56	5,86	1,42	2,34	0,29
Mín.	1,92	187	1,05	0,38	-1,11	0,18	0,15	0,03

Tabla 37 Coeficientes del incremento de la temperatura del agua de 200 litros

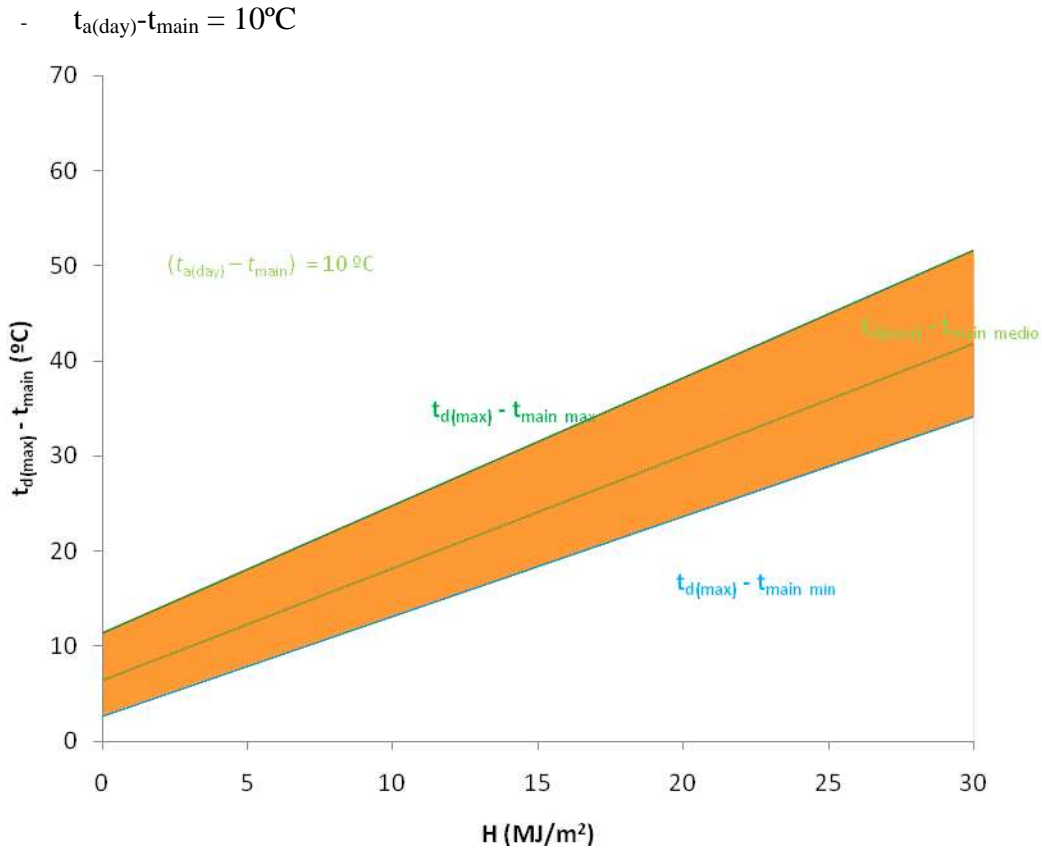
A continuación se representan las envolventes de las gráficas $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$



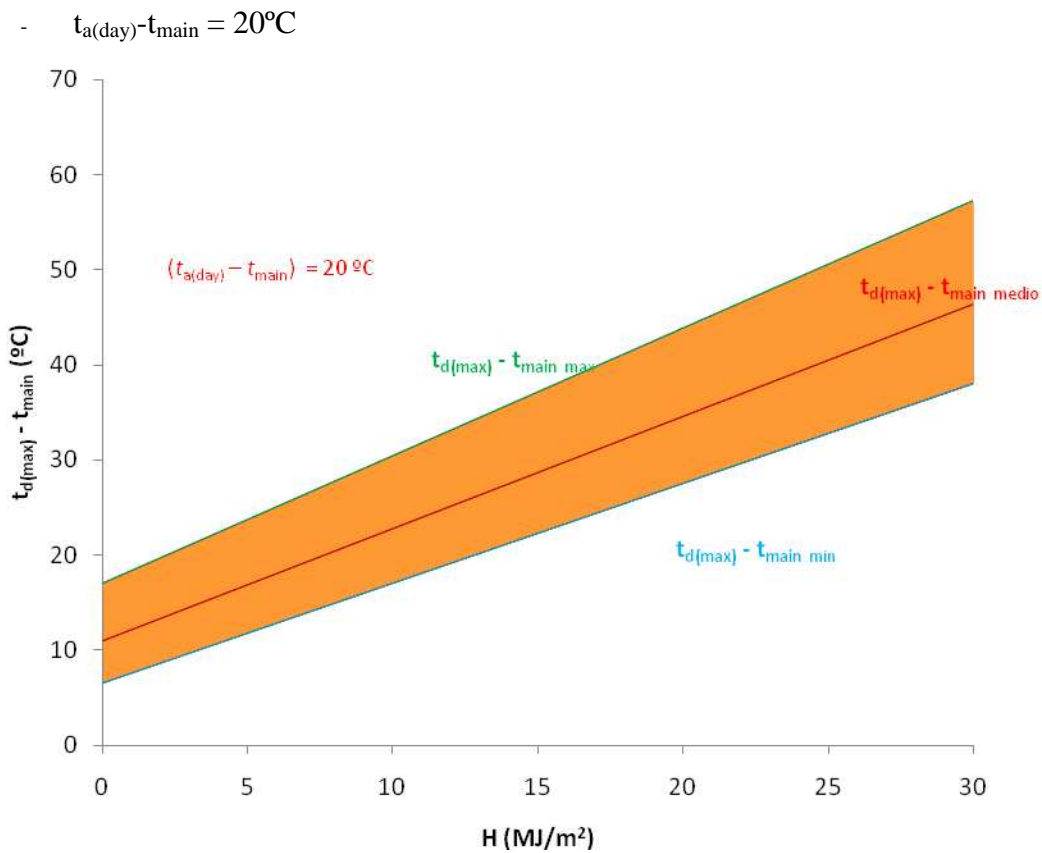
Gráfica 199. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



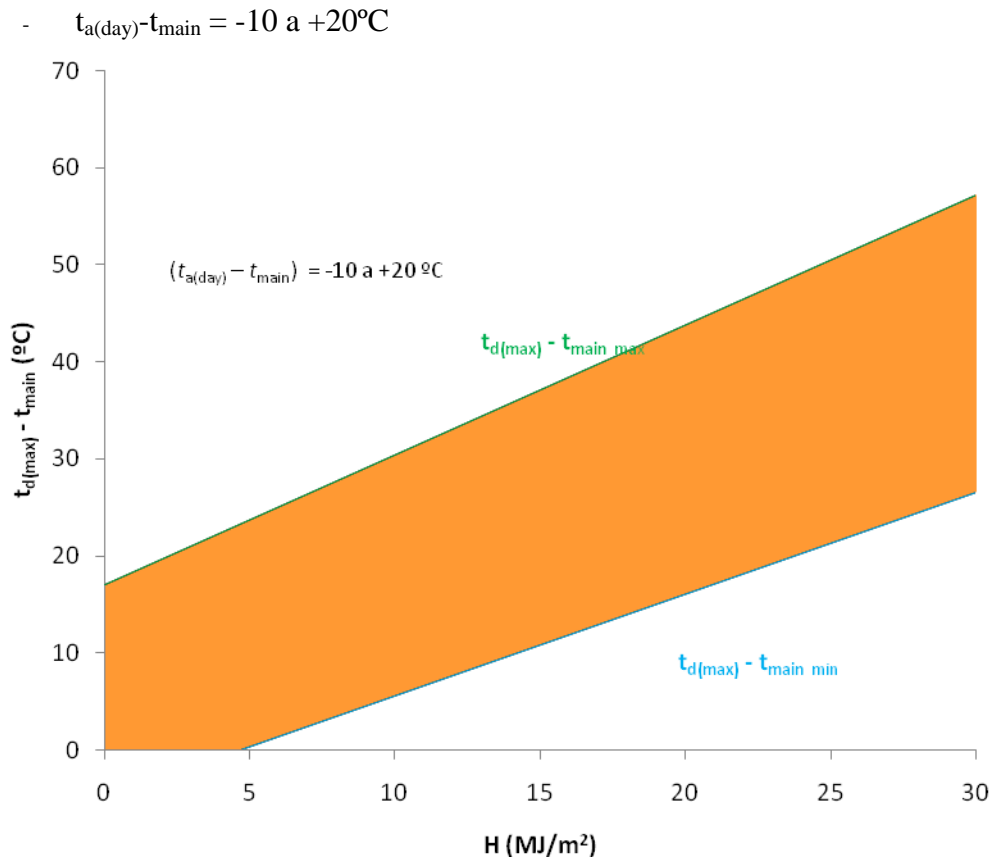
Gráfica 200. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$



Gráfica 201. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 202. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



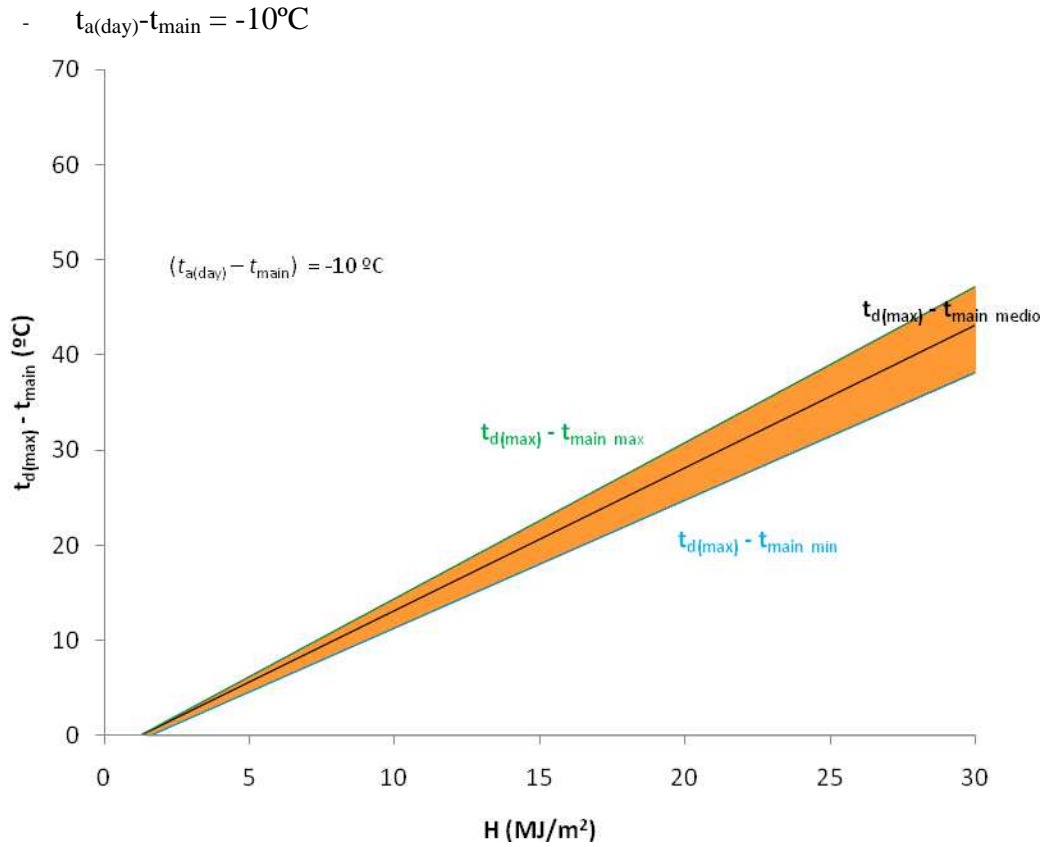
Gráfica 203. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

150 ± 5 litros

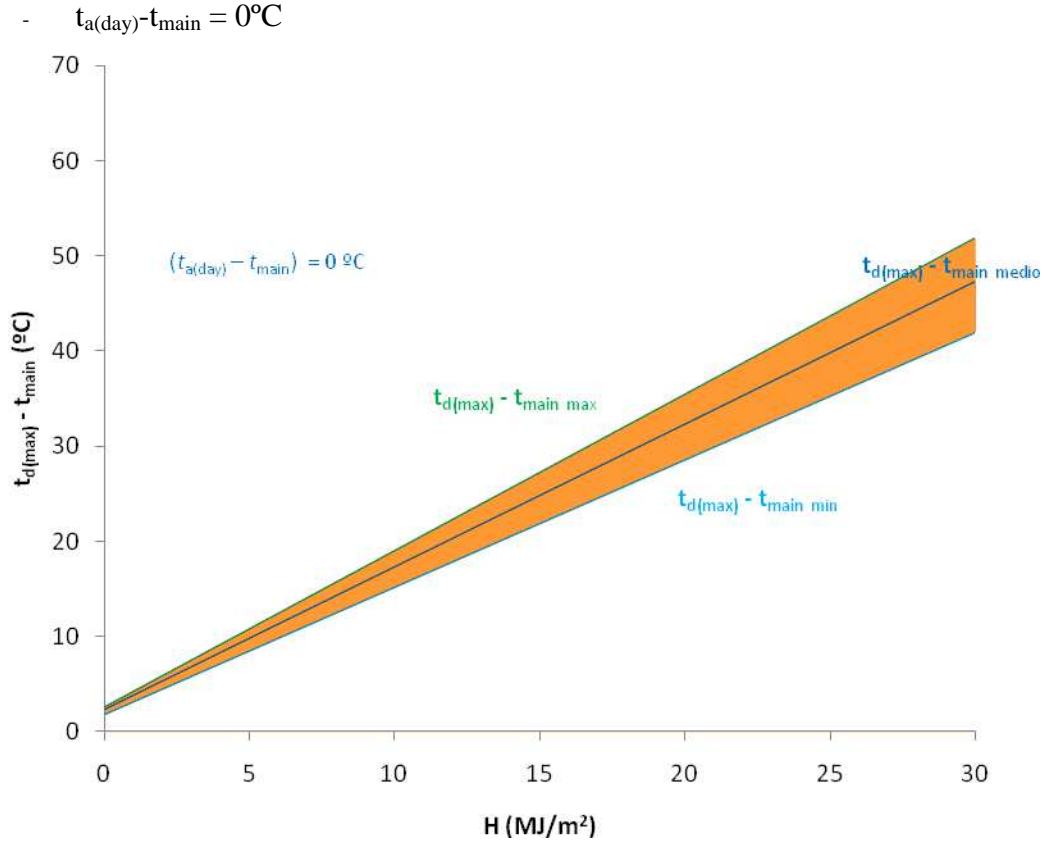
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	b ₁ (m ² K/MJ)	b ₂	b ₃ (K)	ub ₁ × 10 ⁻² (m ² K/MJ)	ub ₂ × 10 ⁻²	ub ₃ (K)
9	1,80	145	1,34	0,47	2,65	0,75	0,62	0,17
13	1,92	150	1,52	0,42	2,62	0,16	0,13	0,03
19	2,20	155	1,64	0,38	1,76	0,11	0,21	0,02
Media	1,97	150	1,50	0,42	2,34	0,34	0,32	0,07
Max.	2,20	155	1,64	0,47	2,65	0,75	0,62	0,17
Mín.	1,80	145	1,34	0,38	1,76	0,11	0,13	0,02

Tabla 38 Coeficientes del incremento de la temperatura del agua de 150 litros

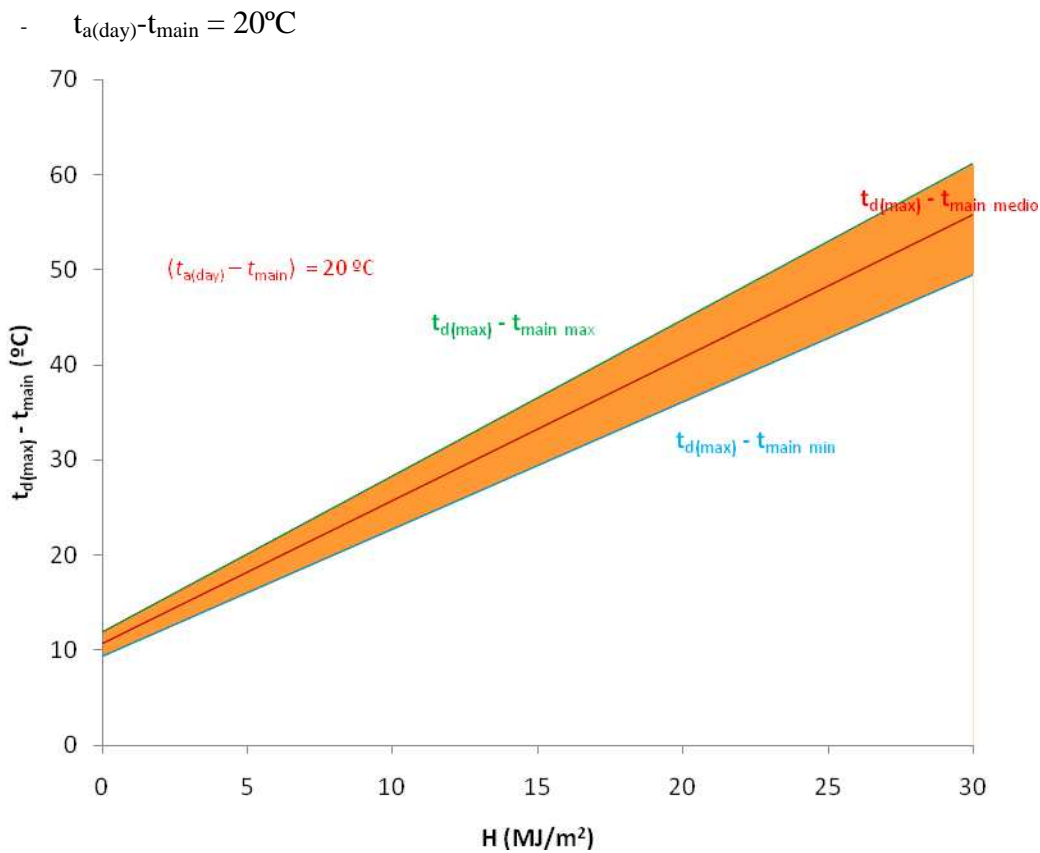
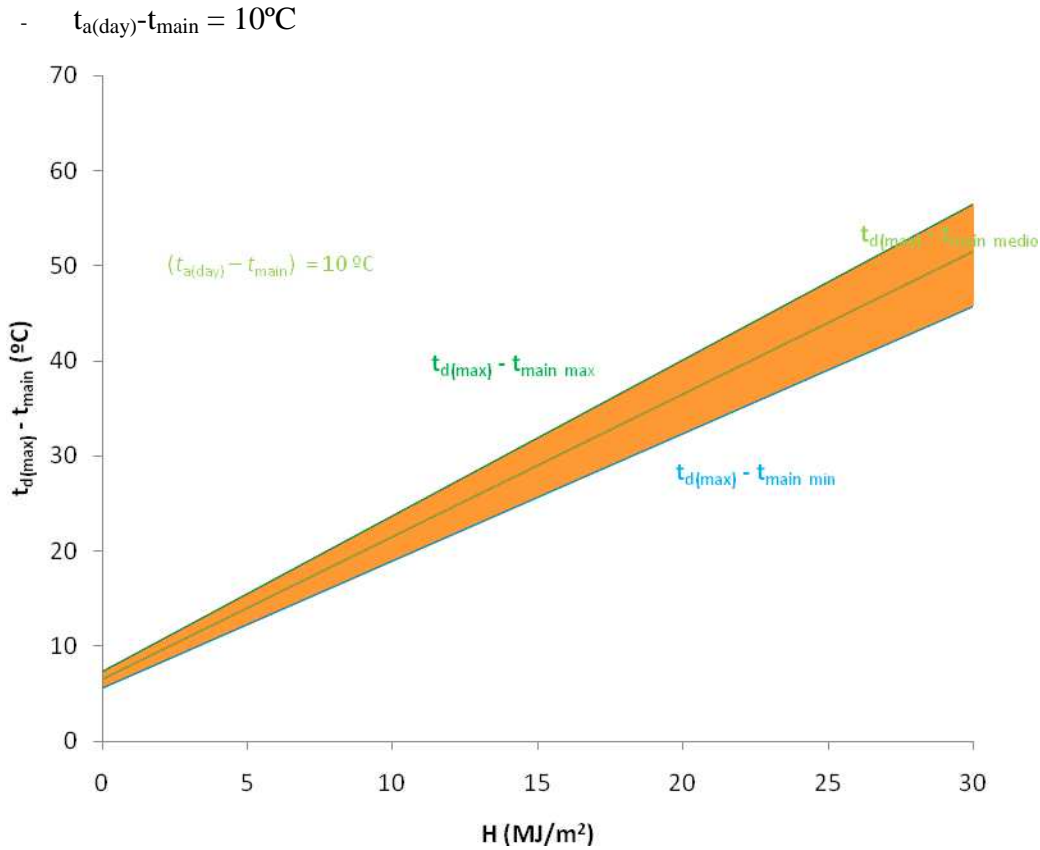
A continuación se representan las envolventes de las gráficas $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H para diferentes $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}}$

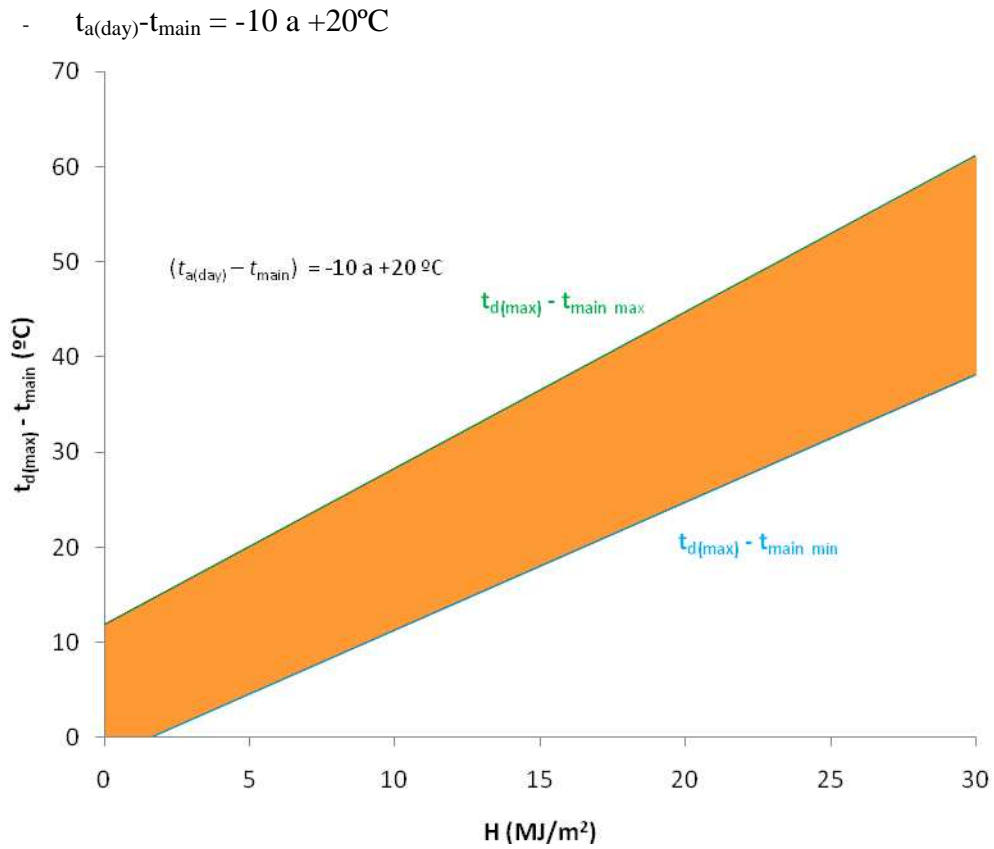


Gráfica 204. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



Gráfica 205. Envoltente $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^{\circ}\text{C}$





Gráfica 208. Envoltura $t_{d(\text{max})} - t_{\text{main}}$ vs H sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

6. Comparación de las gráficas f(V).

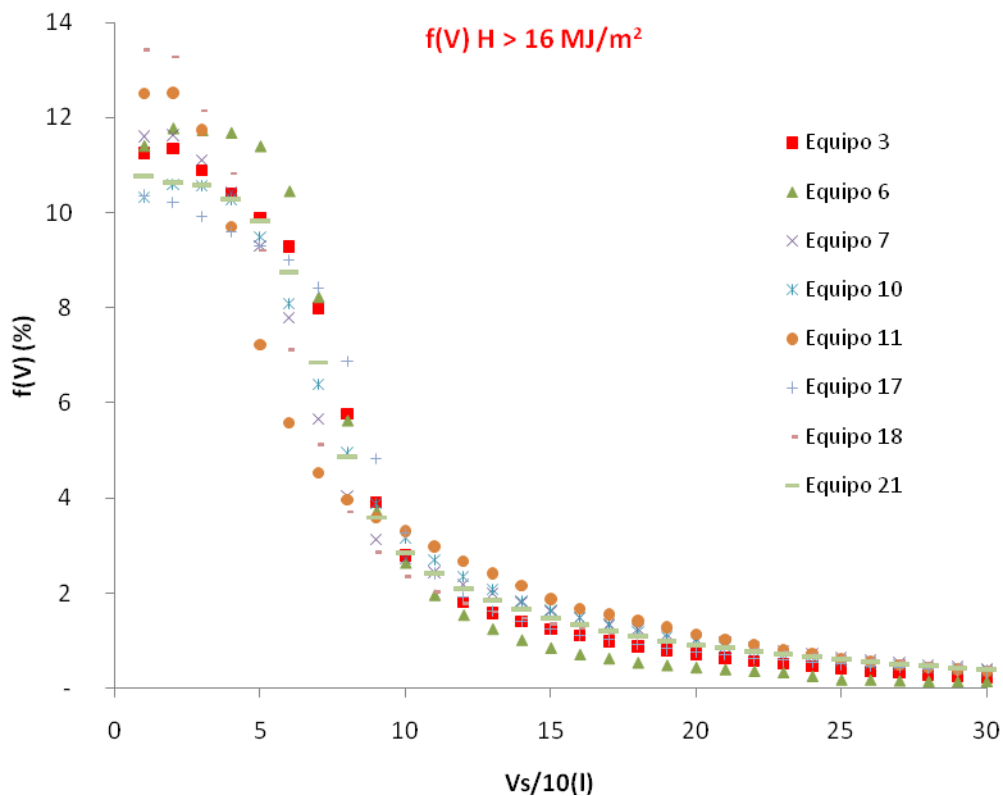
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

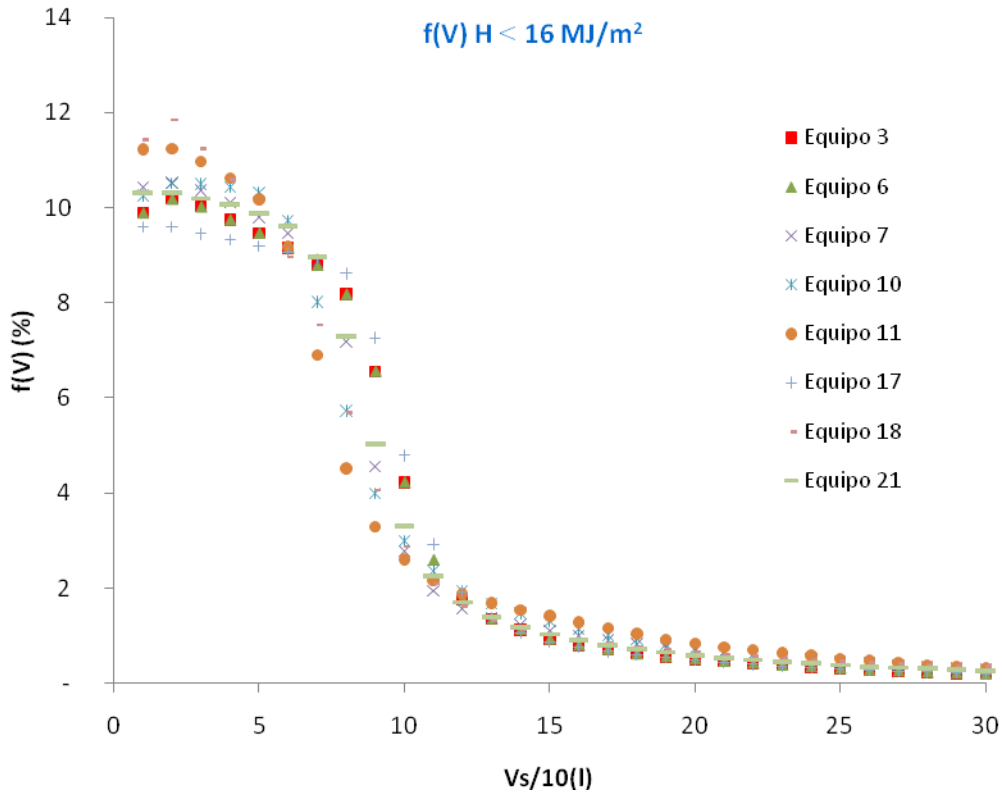
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
3	4,32	287
6	4,12	320
7	3,60	280
10	4,00	282
11	3,84	300
17	3,81	300
18	3,76	300
21	4,36	295

Tabla 39. Características sistemas 300 litros

A continuación se representan las graficas f(V) para $H > 16 \text{ MJ/m}^2$ y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$



Gráfica 209. f(V) vs décima parte de volumen sistemas 300 litros y $H > 16 \text{ MJ/m}^2$



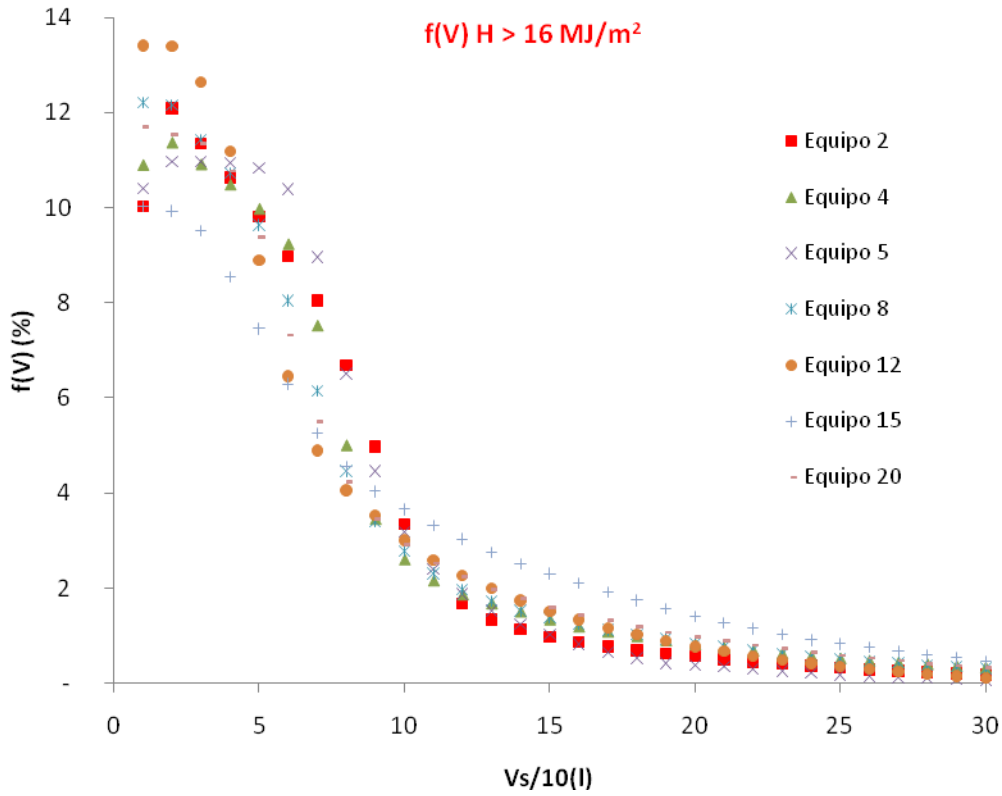
Gráfica 210. $f(V)$ vs décima parte de volumen sistemas 300 litros y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$

200 ± 15 litros

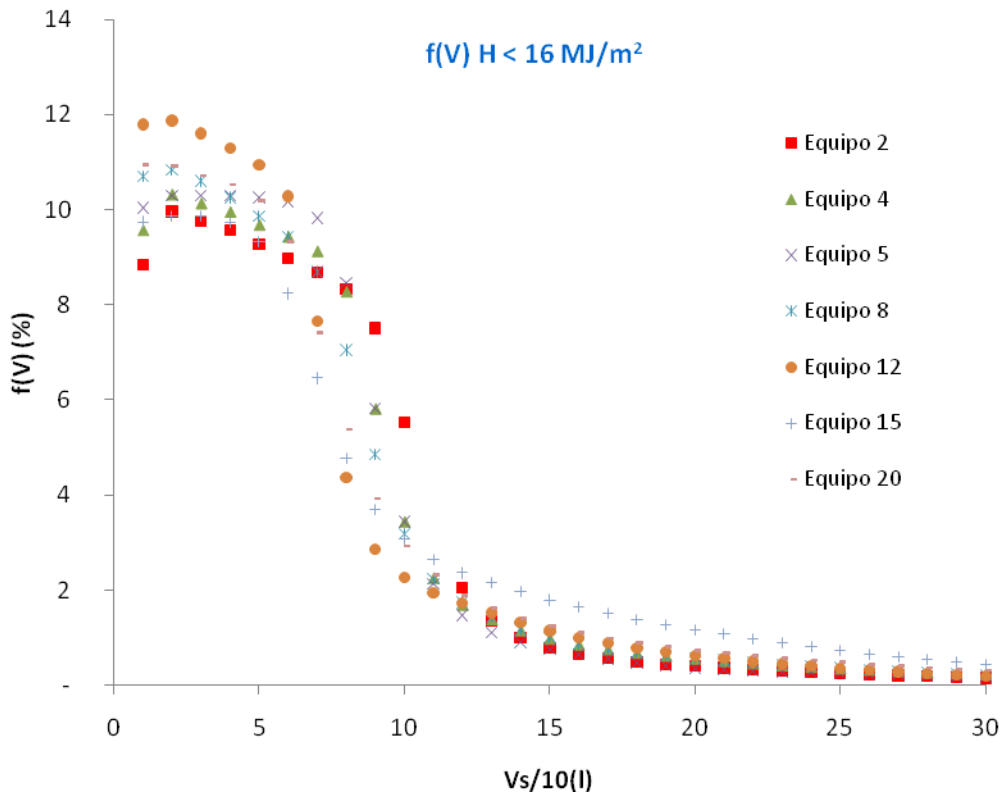
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
2	2,16	200
4	2,30	192
5	2,06	200
8	2,00	192
12	1,92	200
15	2,00	187
20	2,20	195

Tabla 40 Características sistemas 200 litros

A continuación se representan las graficas $f(V)$ para $H > 16 \text{ MJ/m}^2$ y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$



Gráfica 211. $f(V)$ vs décima parte de volumen sistemas 200 litros y $H > 16 \text{ MJ/m}^2$



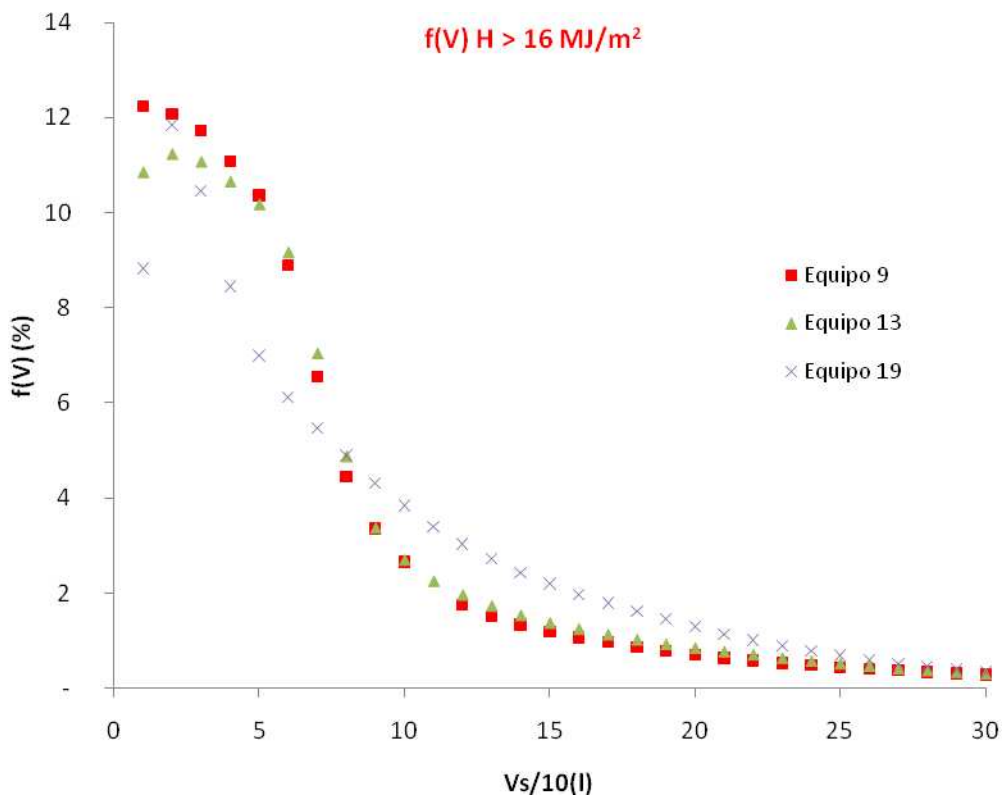
Gráfica 212. $f(V)$ vs décima parte de volumen sistemas 200 litros y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$

150 ± 5 litros

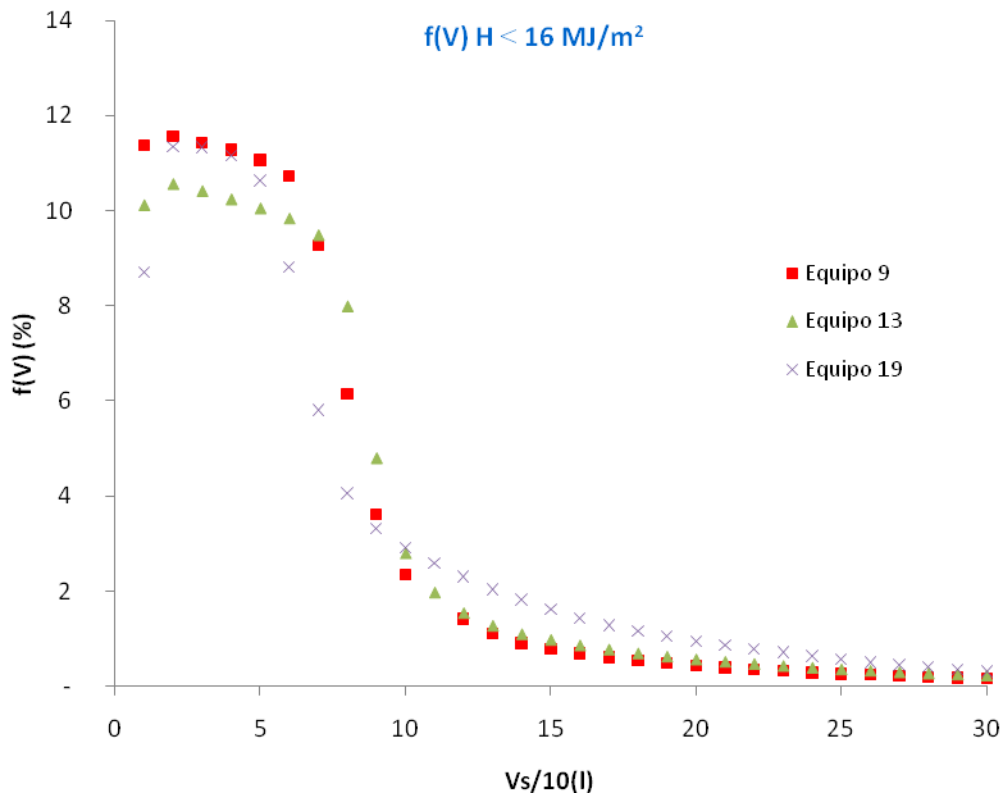
Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
9	1,80	145
13	1,92	150
19	2,20	155

Tabla 41 Características sistemas 150 litros

A continuación se representan las graficas f(V) para $H > 16 \text{ MJ/m}^2$ y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$



Gráfica 213. f(V) vs décima parte de volumen sistemas 150 litros y $H > 16 \text{ MJ/m}^2$



Gráfica 214. $f(V)$ vs décima parte de volumen sistemas 150 litros y $H < 16 \text{ MJ/m}^2$

6.10.2 Determinación del grado de mezcla en el acumulador durante la extracción

El análisis de éste punto se ha llevado a cabo en los siguientes apartados.

1. Comparación de las gráficas $g(V)$.
2. Comparación de las gráficas Temperatura vs Volumen.
3. Comparación del $Q_{\text{útil}}$ (45°C).
4. Estratificación de temperatura dentro del acumulador

1. Comparación de las gráfica $g(V)$

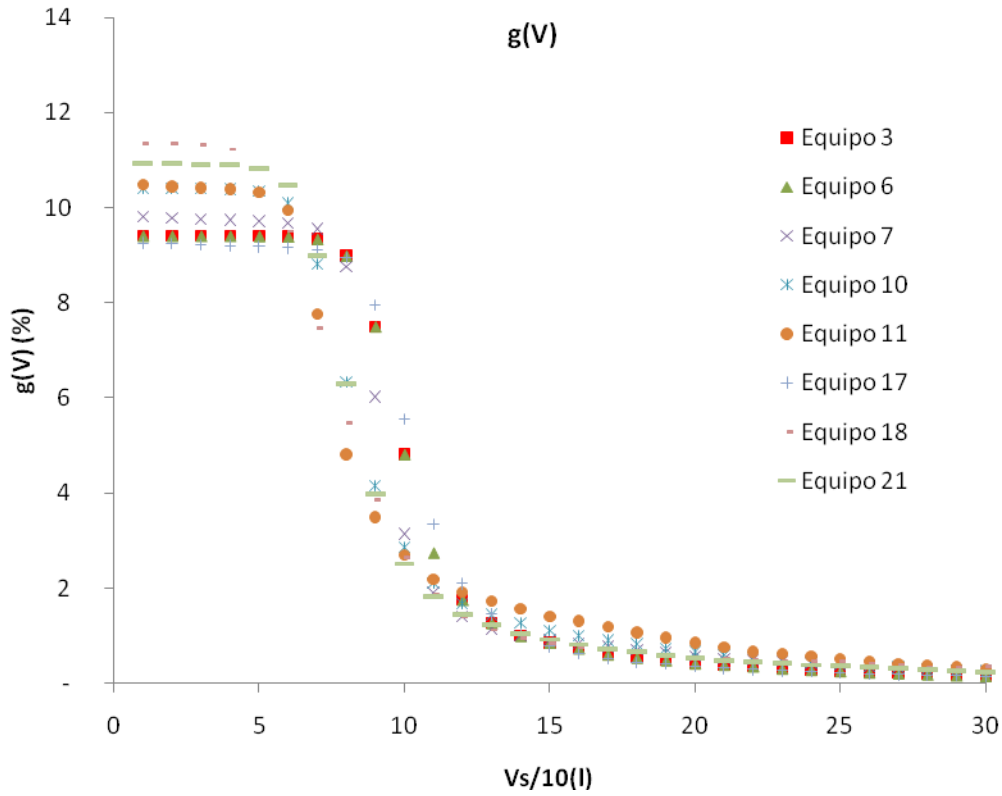
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
3	4,32	287
6	4,12	320
7	3,60	280
10	4,00	282
11	3,84	300
17	3,81	300
18	3,76	300
21	4,36	295

Tabla 42. Características sistemas 300 litros

A continuación se representan las graficas $g(V)$



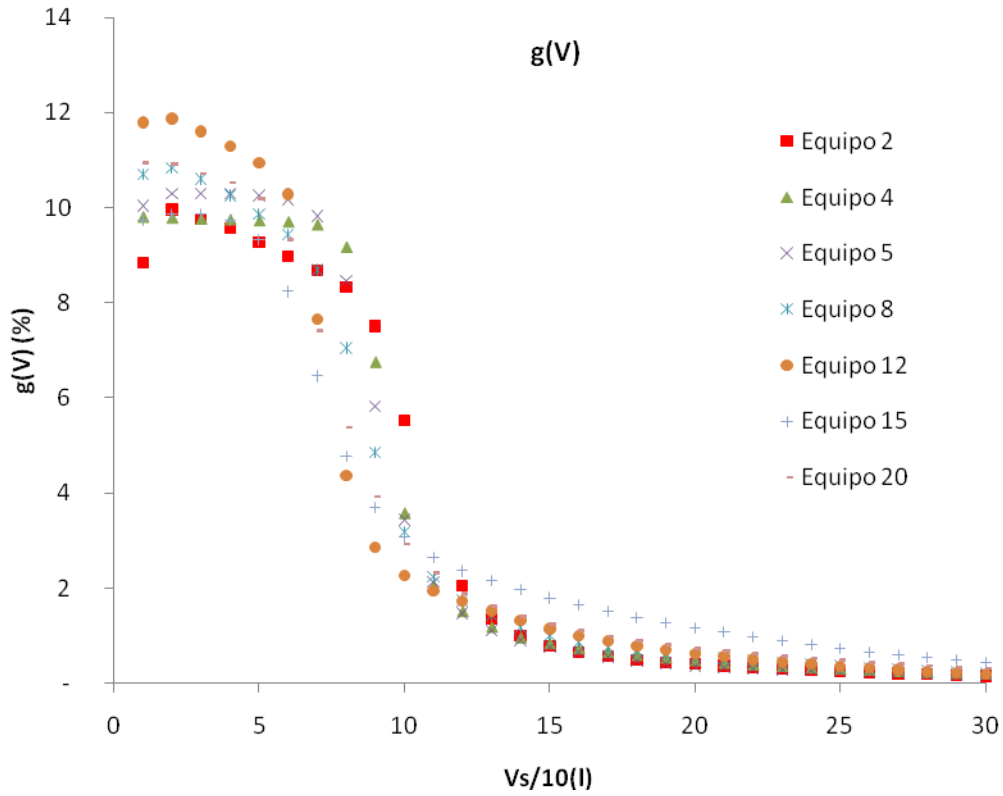
Gráfica 215. g(V) vs décima parte de volumen sistemas 300 litros

200 ± 15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
2	2,16	200
4	2,30	192
5	2,06	200
8	2,00	192
12	1,92	200
15	2,00	187
20	2,20	195

Tabla 43 Características sistemas 200 litros

A continuación se representan las graficas g(V)



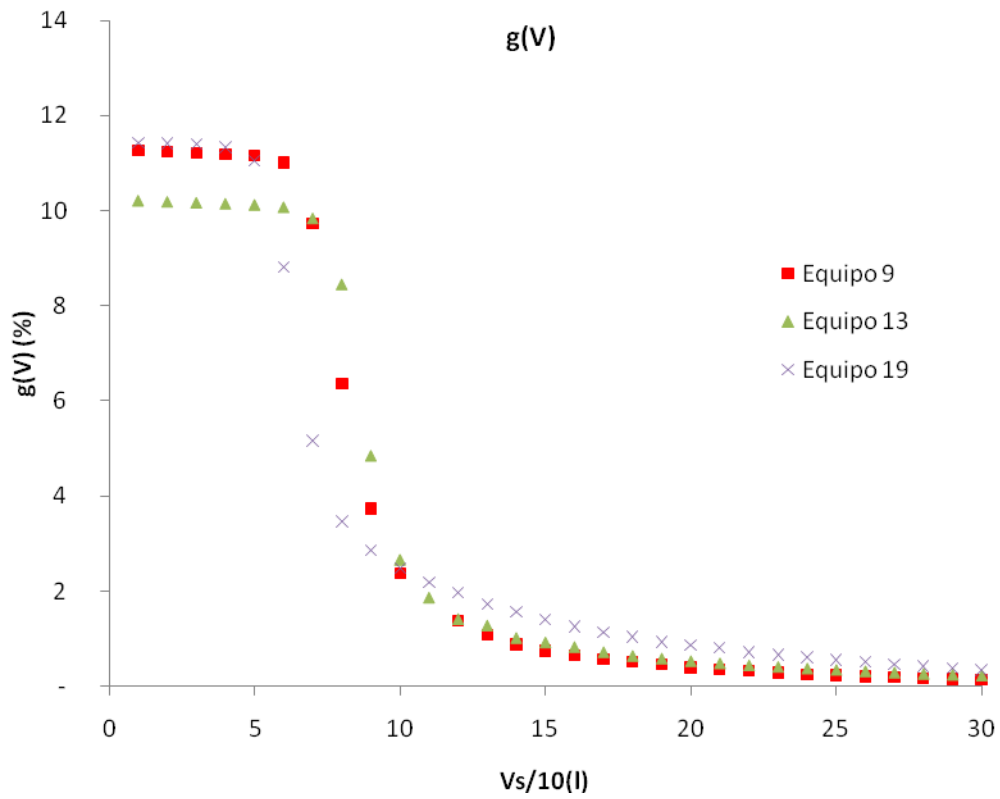
Gráfica 216. g(V) vs décima parte de volumen sistemas 200 litros

150 ± 5 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)
9	1,80	145
13	1,92	150
19	2,20	155

Tabla 44 Características sistemas 150 litros

A continuación se representan las gráficas g(V)

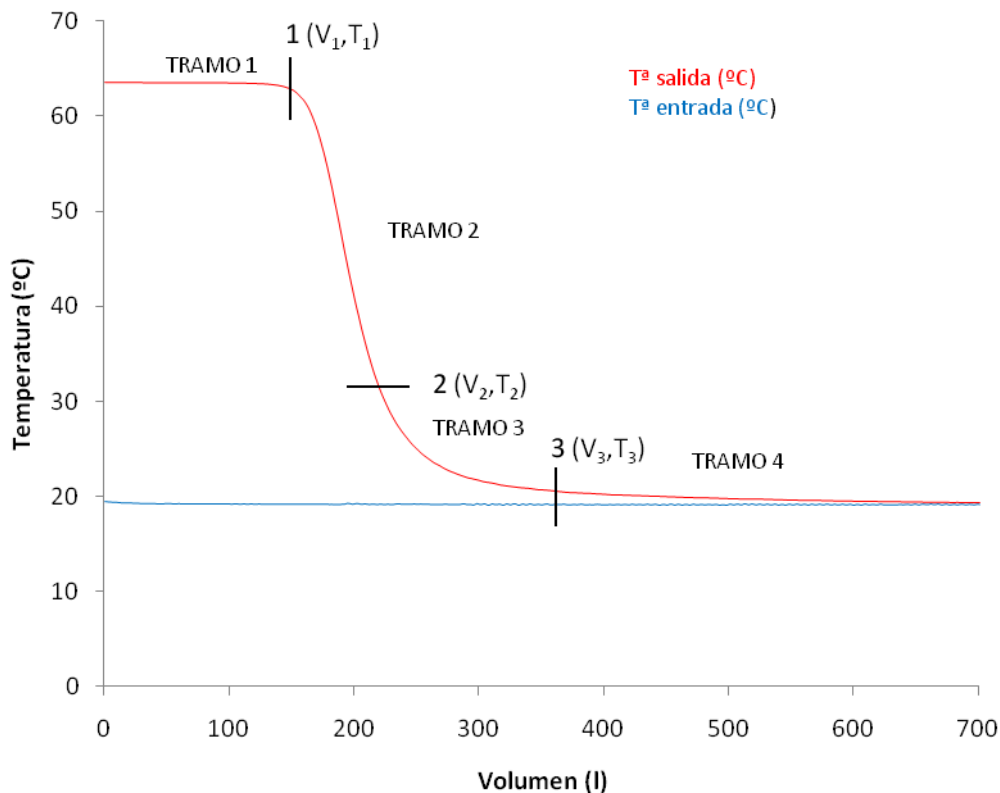


Gráfica 217. g(V) vs décima parte de volumen sistemas 150 litros

2. Comparación de las gráficas Temperatura vs Volumen

En la gráfica 218 se representa la temperatura frente al volumen para un ensayo de grado de mezcla. En el mismo se puede ver como hay cuatro tramos bien diferenciados:

- 1.- En el primer tramo, que comprende desde el inicio del ensayo hasta el punto 1, la temperatura se mantiene prácticamente constante.
- 2.- En el segundo tramo, desde el punto 1 al 2, se produce un descenso brusco de la temperatura del agua a la salida del sistema
- 3.- En el tercer tramo, desde el punto 2 al 3, se produce una atemperación de la temperatura.
- 4.- En el cuarto tramo, desde el punto 3 al final, la temperatura decrece lentamente hasta que la temperatura de entrada y salida del sistema se igualan



Gráfica 218. Gráfica T° vs V ensayo grado de mezcla

Los valores de todos los equipos a ensayos, se muestran en la siguiente tabla

Nº equipo	V ₁ (l)	V ₂ (l)	T _i (°C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T _f (°C)	V _{sistema} (l)	V ₁ /V _{sistema}
1	266	335	62,8	58,0	29,0	62,8	287	0,93
2	169	217	63,5	59,1	32,4	63,5	200	0,85
3	251	320	61	56,3	27,9	61	287	0,87
4	164	201	61,5	56,6	27,1	61,5	192	0,85
5	165	208	61,7	56,9	28,0	61,7	200	0,83
6	229	315	61,7	57,7	33,9	61,7	320	0,72
7	226	282	65,2	60,0	29,0	65,2	280	0,81
8	160	205	62,6	57,7	28,2	62,6	192	0,83
9	102	135	67,5	63,0	35,7	67,5	145	0,70
10	191	276	62,1	57,5	29,7	62,1	282	0,68
11	192	280	62	58,0	34,0	62	300	0,64
12	138	176	67,7	62,9	33,8	67,7	200	0,69
13	121	150	61,1	56,6	29,7	61,1	150	0,81
15	135	193	62	57,4	29,9	62	187	0,72
17	254	343	61,3	57,6	35,5	61,3	300	0,85
18	208	318	61,7	56,7	27,0	61,7	300	0,69
19	103	176	61,4	56,5	26,8	61,4	155	0,66
20	133	191	62,9	58,6	32,9	62,9	195	0,68
21	215	302	61	56,9	32,3	61	295	0,73

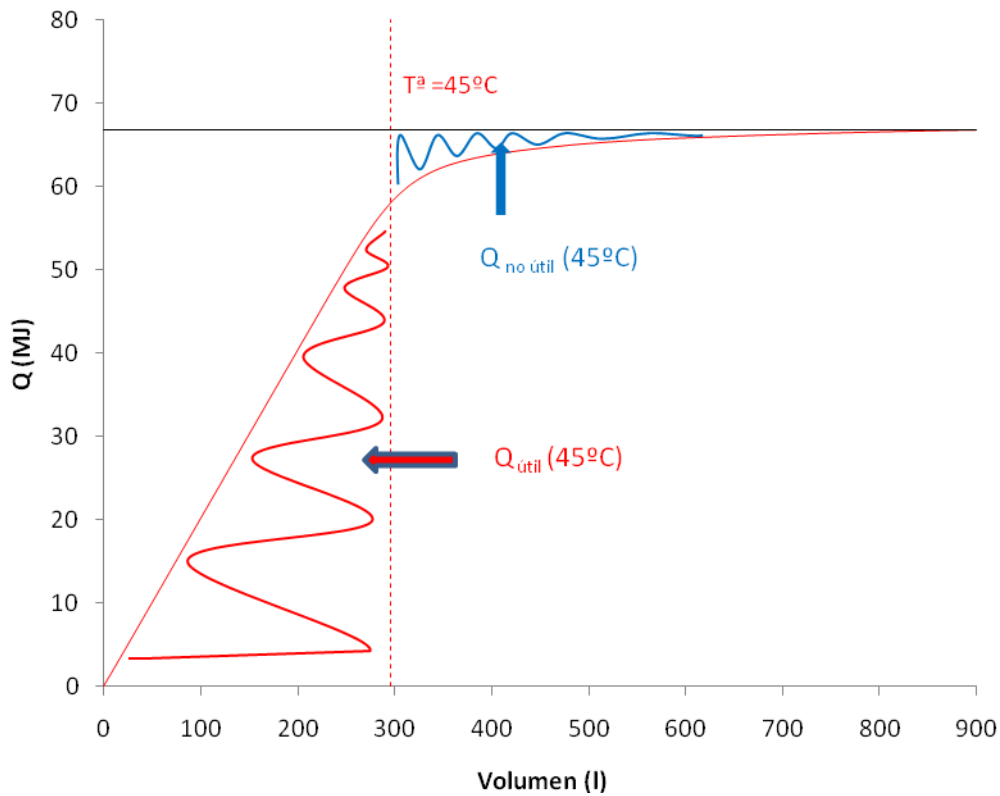
Tabla 45. Resultados ensayos grado de mezcla

En donde en el punto 1 la temperatura ha descendido un 10% y en el punto 2 un 70%.

En la tabla 45 se puede observar como el valor de V_1/V_{sistema} está entre 0,64-0,93. Interesaría tener el valor V_1/V_{sistema} lo más alto posible, así se obtendría mayor cantidad de agua a la temperatura inicial del acumulador (60-70 °C).

3. Comparación del $Q_{\text{útil}} (45^{\circ}\text{C})$.

Mediante el ensayo de grado de mezcla se puede obtener la gráfica de la Energía neta adquirida frente al volumen. La gráfica 219 muestra los resultados obtenidos para el equipo N°1.



Gráfica 219. Q vs V ensayo grado de mezcla

Se define $Q_{\text{útil}} (45^{\circ}\text{C})$ como la energía suministrada a una temperatura superior a 45°C y $Q_{\text{no útil}} (45^{\circ}\text{C})$ como la energía suministrada a una temperatura inferior a 45°C . Se define el valor de 45°C como la temperatura óptima para realizar un baño.

Los resultados obtenidos para los diferentes equipos se muestran en la tabla 46.

Nº equipo	T _{inicial} (°C)	T _{main} (°C)	T _{inicial} -T _{main} (°C)	V _{sistema} (l)	V _{45°C} (l)	Q (MJ)	Q _{45°C} (MJ)	Q _{útil(45°C)} (%)
1	62,82	14,43	48,39	287	296	66,87	58,14	86,9
2	63,54	19,15	44,39	200	193	39,70	34,45	86,8
3	61,1	13,79	47,31	287	279	64,76	53,6	82,8
4	61,66	12,3	49,36	192	179	43,90	35,72	81,4
5	61,74	13,39	48,35	200	181	43,11	35,53	82,4
6	61,83	21,93	39,9	320	272	53,36	43,11	80,8
7	65,7	13,44	52,26	280	252	66,56	52,7	79,2
8	63,26	13,36	49,9	192	177	43,68	35,45	81,2
9	67,5	21,95	45,55	145	121	26,67	21,6	81,0
10	62,11	15,14	46,97	282	224	56,34	41,4	73,5
11	62,05	22,08	39,97	300	224	51,15	35,61	69,6
12	67,66	19,16	48,5	200	158	38,91	30,49	78,4
13	61,13	16,19	44,94	150	133	30,52	23,99	78,6
15	62	16,05	45,95	187	158	41,04	29	70,7
17	61,25	24,42	36,83	300	302	49,53	41,87	84,5
18	61,69	12,04	49,65	300	248	66,81	49,25	73,7
19	61,38	11,96	49,42	155	122	39,56	24,07	60,8
20	62,94	20,02	42,92	195	159	37,71	27,12	71,9
21	61,01	19,96	41,05	295	254	53,14	41,64	78,4

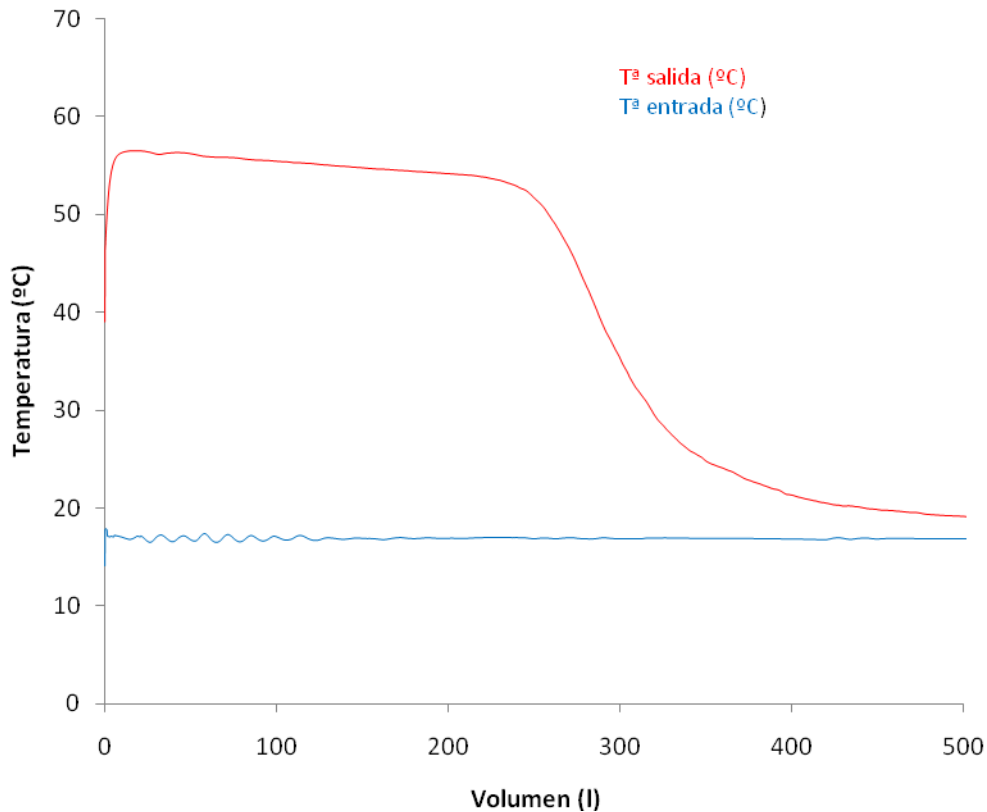
Tabla 46. Resultados ensayos grado de mezcla

En la tabla anterior se puede observar como el valor de Q_{útil} (45°C) está entre 60-87%. Si no tuviera un calentador modulante termostático como energía auxiliar, interesaría tener el mayor porcentaje de Q_{útil} (45°C), así se tiene mayor cantidad de agua a una temperatura superior a 45°C.

4. Estratificación de temperatura dentro del acumulador

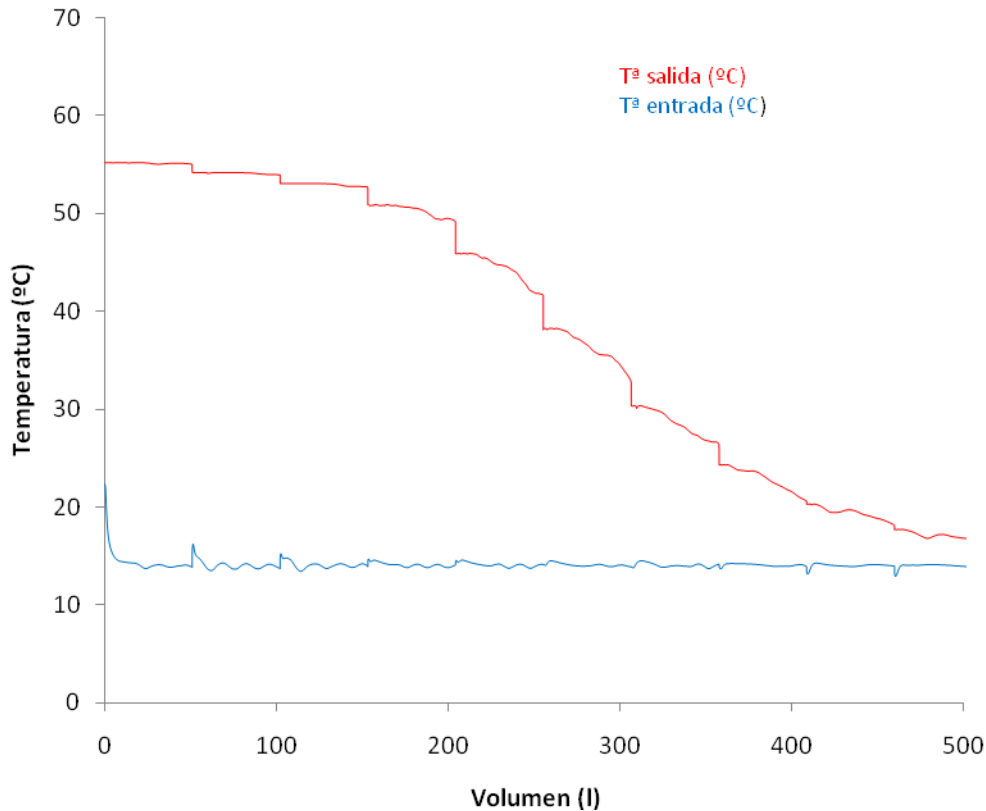
En el interior del acumulador la temperatura del mismo no es idéntica en todas las partes como ocurre en el ensayo de grado de mezcla, sino que se produce una estratificación de temperatura. De esta forma, la temperatura en la parte superior de acumulador será mayor que en la parte inferior.

En la gráfica 220 puede observarse una extracción de agua de un equipo de 300 litros con estratificación de temperatura en el interior del mismo



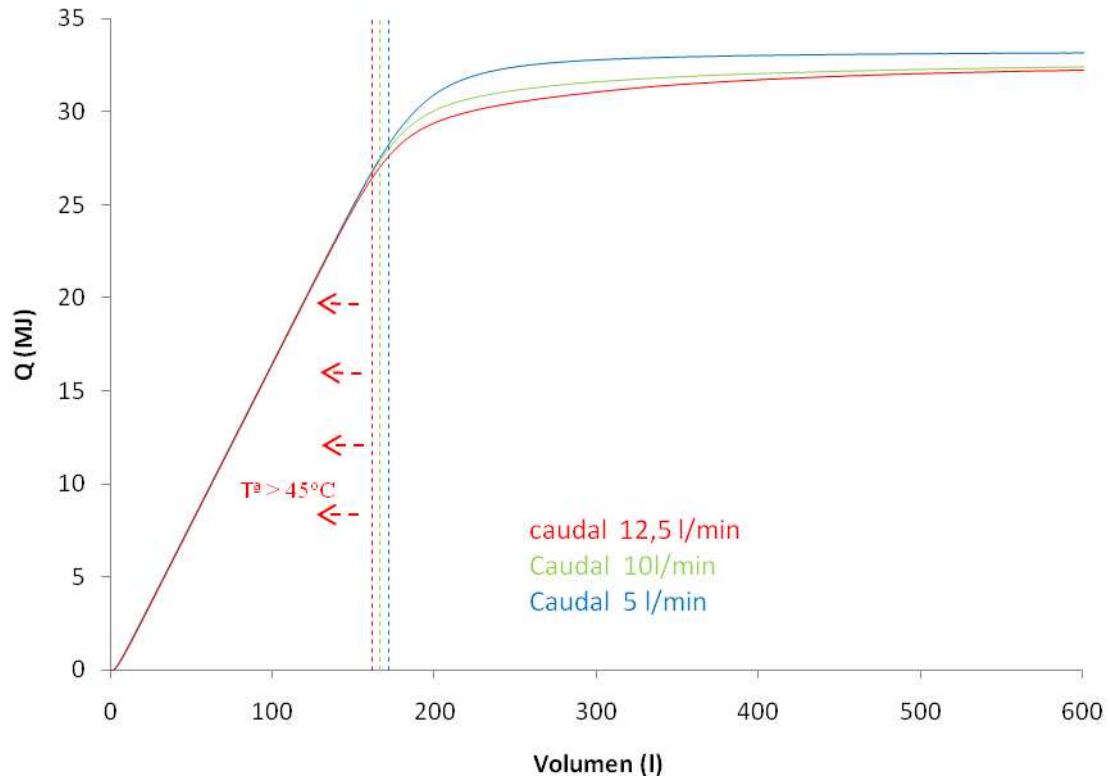
Gráfica 220. Gráfica Tª vs V sistema 300 litros con estratificación de temperatura

En la gráfica 221, se ha representado la extracción de un sistema de 300 litros con estratificación de temperatura en su interior al cual se le han realizado extracciones de 50 litros de agua en intervalos de 1 hora de duración. Se puede observar como se produce una pérdida de la estratificación de temperatura en el interior del acumulador cuando se producen extracciones periódicas.



Gráfica 221. Gráfica Tª vs V sistema 300 litros con estratificación de temperatura y extracción 50 l cada hora

En la gráfica 222, se ha representado la cantidad de energía extraída frente al volumen de un sistema de 180 litros tras realizarle un ensayo de grado de mezcla para diferentes caudales de entrada. La temperatura inicial es de 55°C y la temperatura del agua de entrada es de 14,1°C. Se puede observar como cuanto más bajo es el caudal del agua de entrada, mayor volumen de agua se obtiene a una temperatura superior a 45°C. Para un caudal de 5 l/min se obtiene un 3,3% más de volumen que con un caudal de 10 l/min. De igual forma, para un caudal de 10 l/min frente a 12,5 l/min el incremento de volumen es del 3%.



Gráfica 222. Gráfica T° vs V sistema 300 litros con estratificación de temperatura y extracción 50 l cada hora

6.10.3 Determinación de las pérdidas de calor por el acumulador

El análisis de éste punto se ha llevado a cabo en los siguientes apartados.

1. Comparación del U_s .
2. Comparación de las gráficas Temperatura final (t_f) vs Temperatura inicial (t_i) para diferentes temperaturas ambiente medias y un periodo de enfriamiento de 12 horas.

1. Comparación del U_s .

Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	U_s (W/K)	uU_s (W/k)
1	4,30	287	3,69	0,50
3	4,32	287	4,72	0,79
6	4,12	320	6,09	0,45
7	3,60	280	3,90	0,40
10	4,00	282	4,25	0,72
11	3,84	300	5,07	0,40
17	3,81	300	4,59	0,67
18	3,76	300	5,55	0,68
21	4,36	295	5,02	0,85
Media	3,98	296	4,76	0,61
Max.	4,36	320	6,09	0,85
Mín.	3,60	280	3,69	0,40

Tabla 47 Coeficientes de pérdidas de calor por el acumulador de sistemas de 300 litros

200 ± 15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	U _s (W/K)	uUs (W/k)
2	2,16	200	4,21	0,45
4	2,30	192	3,34	0,27
5	2,06	200	3,66	0,37
8	2,00	192	3,43	0,29
12	1,92	200	4,17	0,23
15	2,00	187	3,90	0,24
20	2,20	195	4,93	0,83
Media	2,09	195	3,95	0,38
Max.	2,30	200	4,93	0,83
Mín.	1,92	187	3,34	0,23

Tabla 48 Coeficientes de pérdidas de calor por el acumulador de sistemas de 200 litros

150 ± 5 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	U _s (W/K)	uUs (W/k)
9	1,80	145	3,49	0,20
13	1,92	150	3,23	0,21
19	2,20	155	3,87	0,78
Media	1,97	150	3,53	0,39
Max.	2,20	155	3,87	0,78
Mín.	1,80	145	3,23	0,20

Tabla 49 Coeficientes de pérdidas de calor por el acumulador de sistemas de 150 litros

En la tabla 50 se puede ver el resumen de los coeficientes de pérdidas de calor por el acumulador para los sistemas de 300, 200 y 150 litros

	U _s medio (W/K)	U _s máximo (W/K)	U _s mínimo (W/K)	V/U _s (l K/ W)
300 l	4,76	6,09	3,69	62,97
200 l	3,95	4,93	3,34	50,64
150 l	3,53	3,87	3,23	42,45

Tabla 50. Coeficientes de pérdidas de calor medio por el acumulador

En la ecuación 1, se observa como al aumentar el volumen del acumulador, mayor debe ser el coeficiente de pérdidas de calor del mismo (U_s) y por tanto mayor cantidad de energía perdida. Eso se puede observar en la tabla 50. Sin embargo, el coeficiente de pérdidas medio para los sistemas de 300 litros no es el doble que en los sistemas de 150 litros.

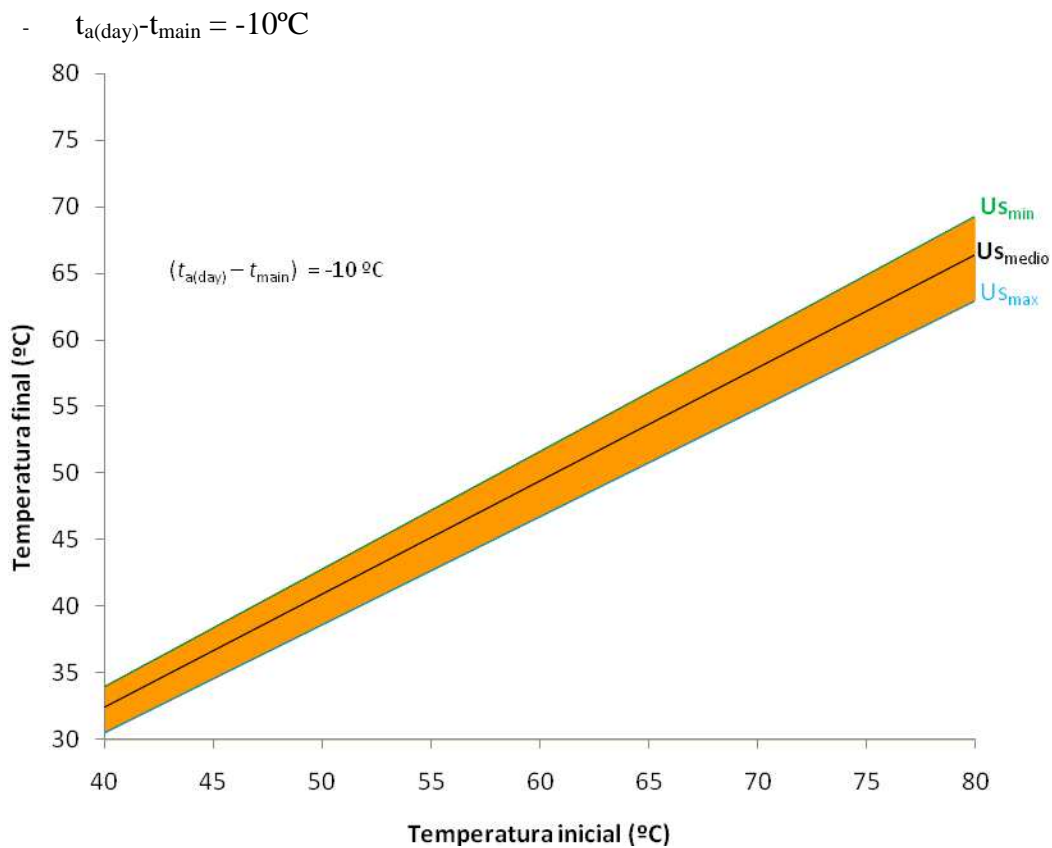
Si se realiza un análisis de los cocientes Volumen/ U_s , se puede observar como los sistemas de 300 litros tienen un 24,4 % menos de pérdidas por unidad de masa almacenada que los sistemas de 200 litros, y estos un 19,3 % menos que los de 150 litros. Eso es debido a que los equipos con mayor volumen tienen menor cociente superficie de intercambio al exterior/volumen.

2. Comparación de las gráficas Temperatura final (t_f) vs Temperatura inicial (t_i) para diferentes temperaturas ambiente medias y un periodo de enfriamiento de 12 horas.

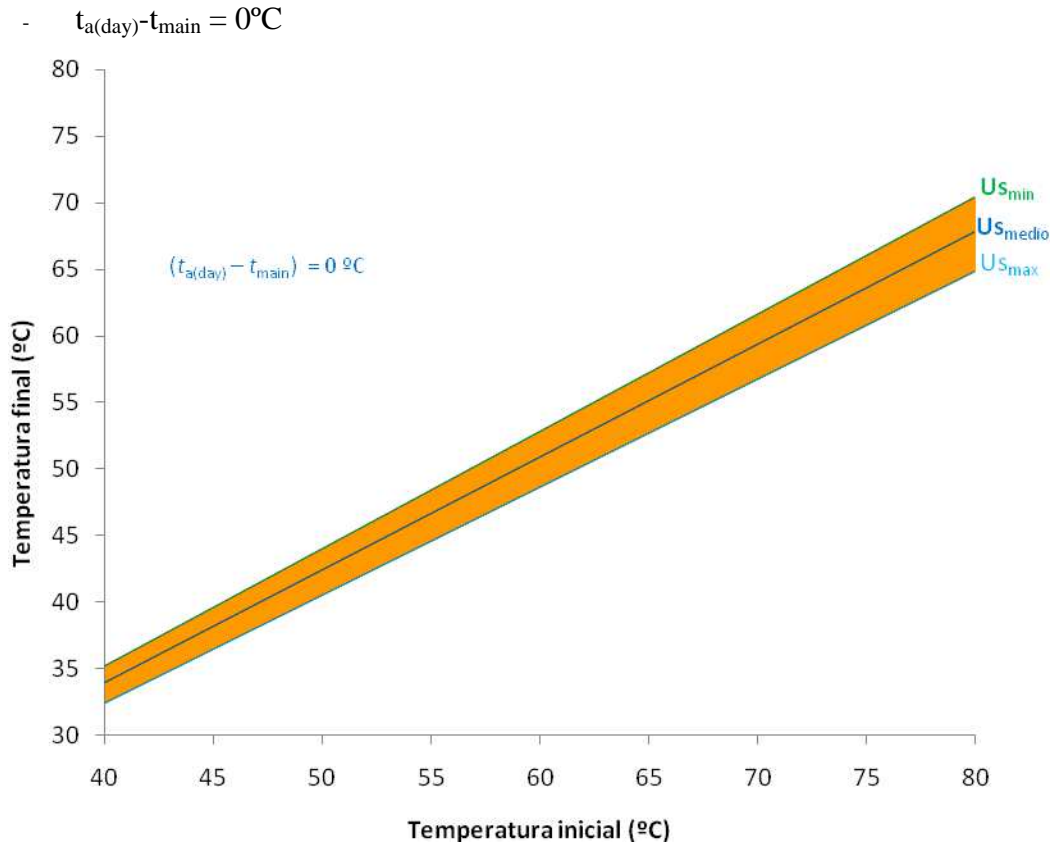
Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. Los diferentes grupos se pueden ver en las tablas 47,48 y 49.

300 ± 20 litros

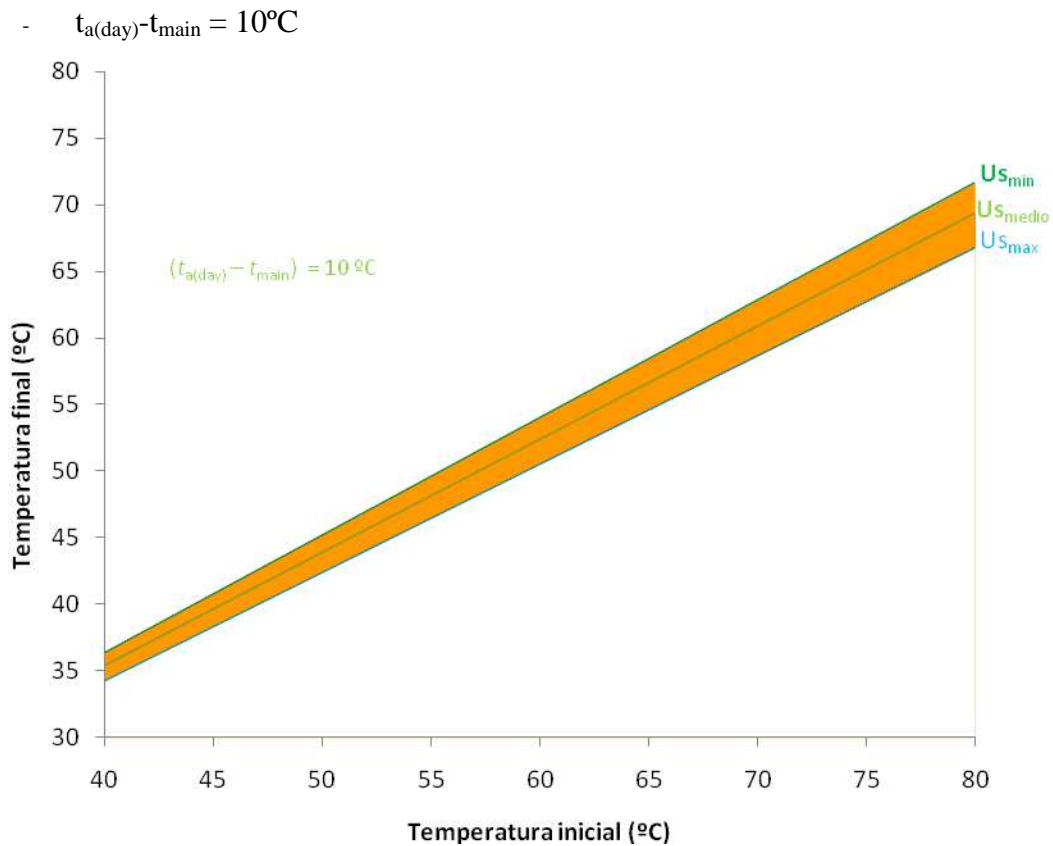
A continuación se representan las envolventes de las gráficas Temperatura final vs Temperatura inicial para diferentes $t_{a(\text{day})}-t_{\text{main}}$ y diferentes coeficientes de pérdidas del acumulador (U_s)



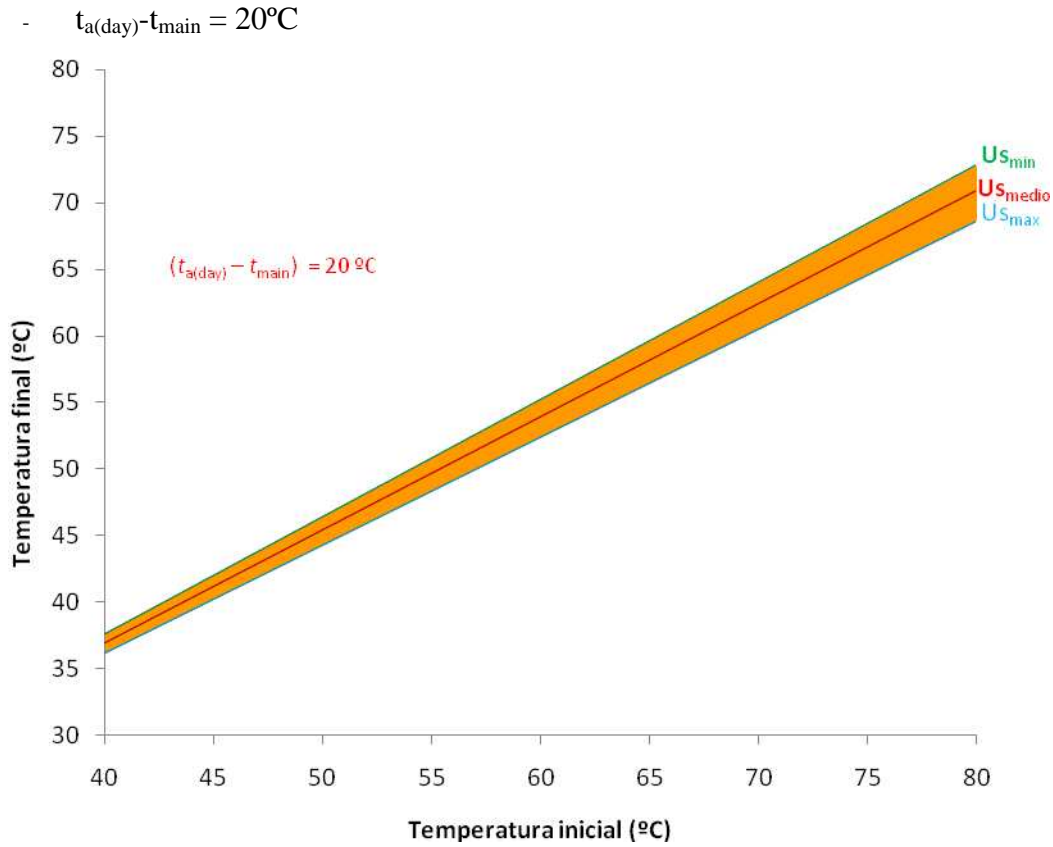
Gráfica 223. Envolvente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})}-t_{\text{main}} = -10^\circ\text{C}$



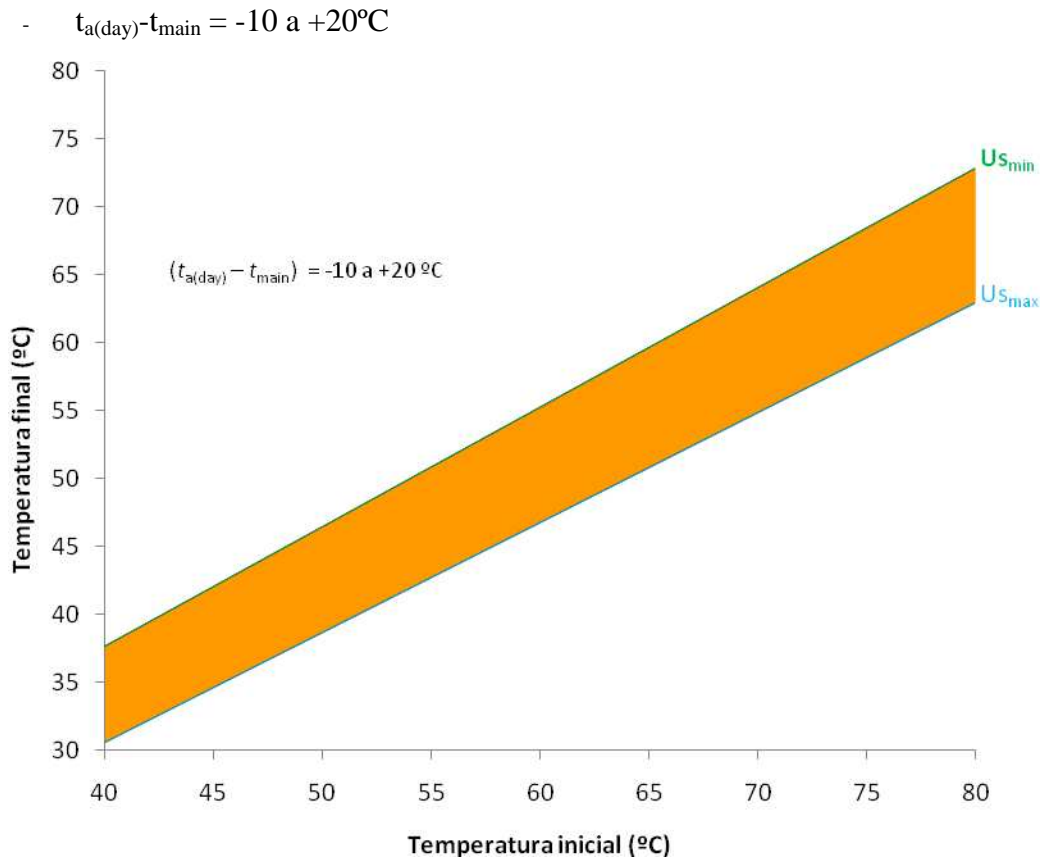
Gráfica 224. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^\circ\text{C}$



Gráfica 225. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^\circ\text{C}$

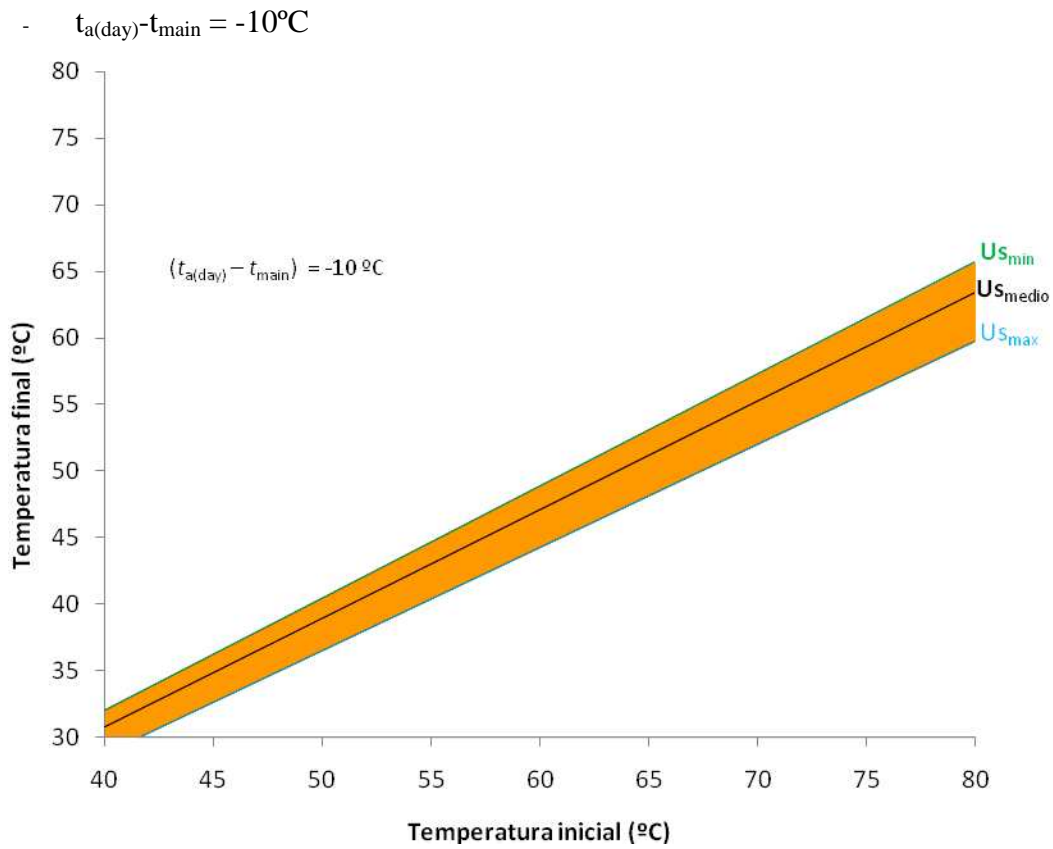


Gráfica 226. Envoltente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$

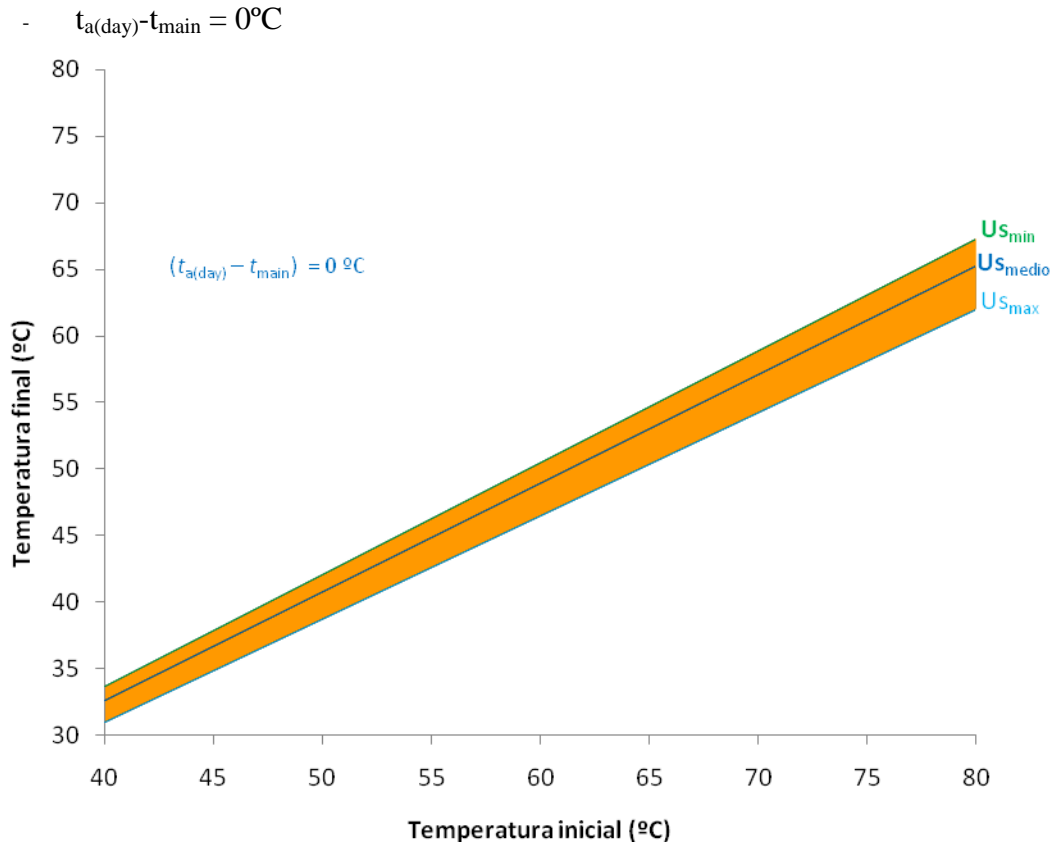


Gráfica 227. Envoltente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 300 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$

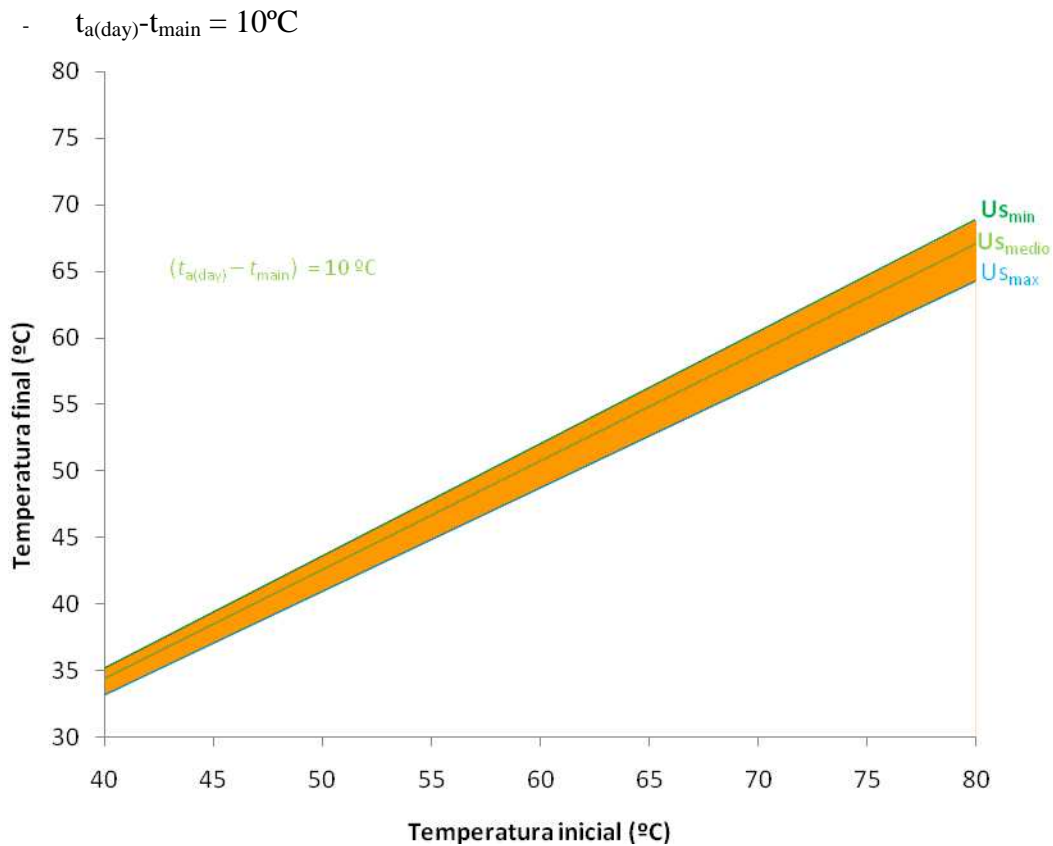
200 ± 15 litros



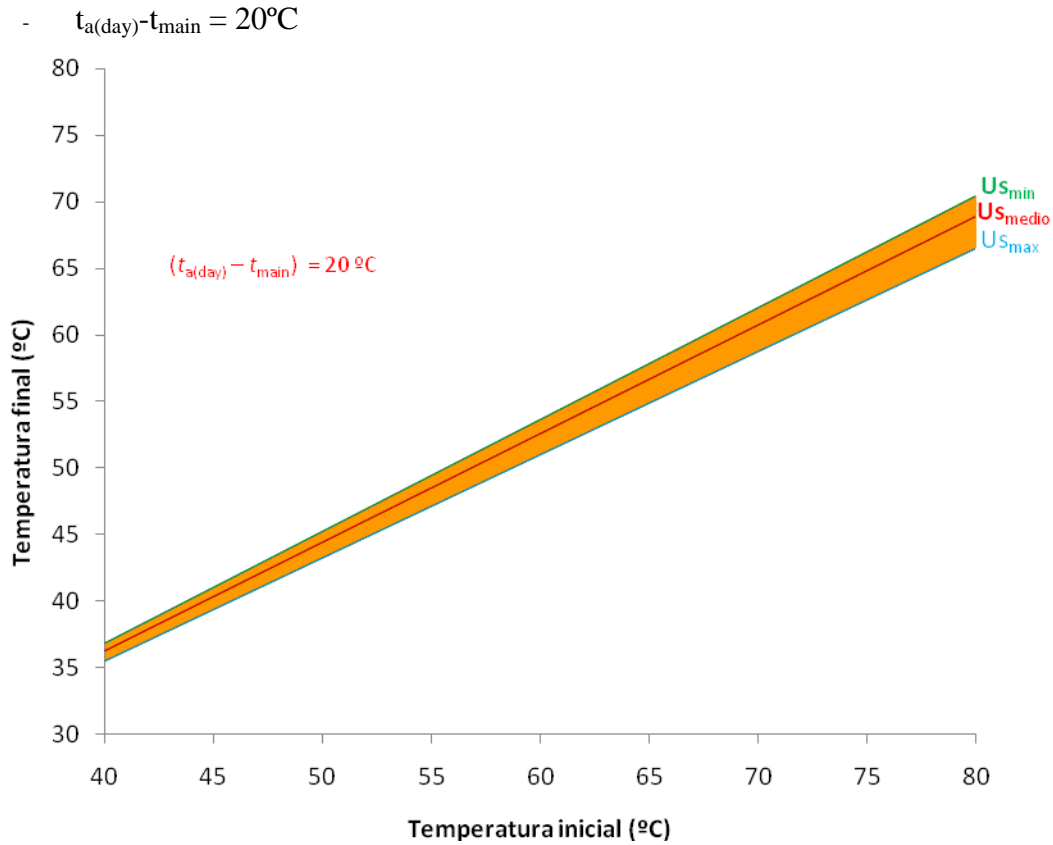
Gráfica 228. Envolvente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^\circ\text{C}$



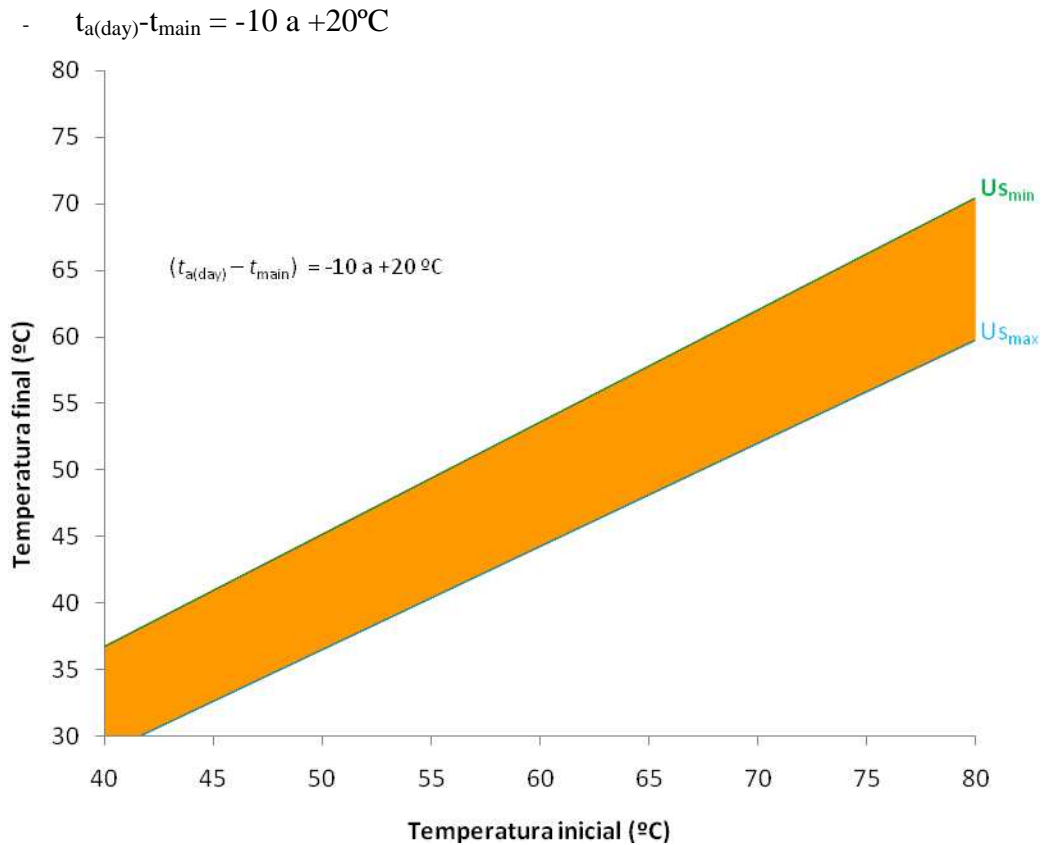
Gráfica 229. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^\circ\text{C}$



Gráfica 230. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^\circ\text{C}$

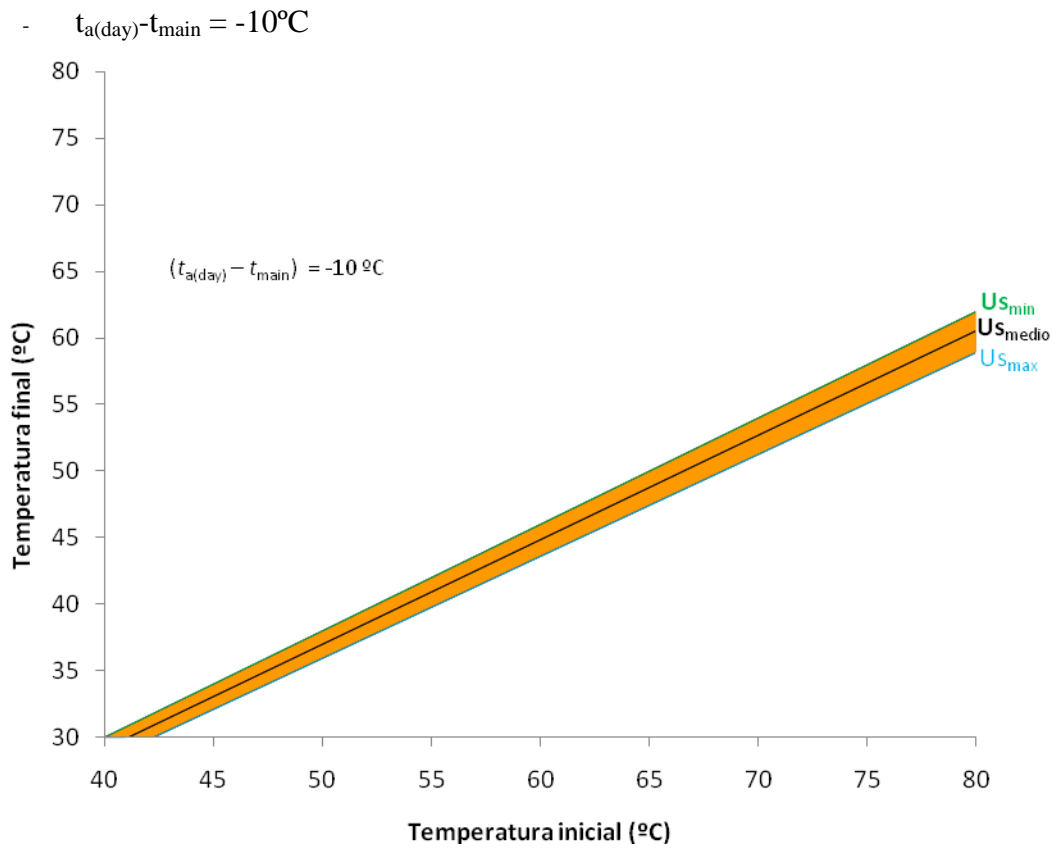


Gráfica 231. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^\circ\text{C}$

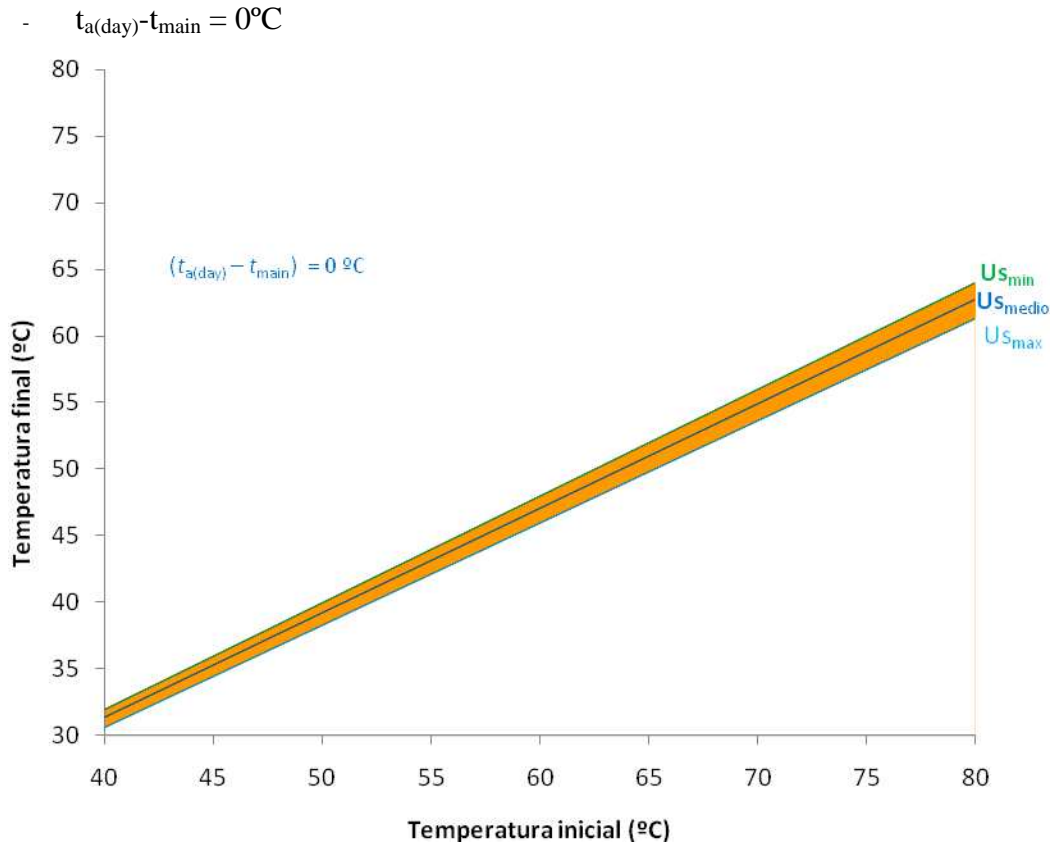


Gráfica 232. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 200 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^\circ\text{C}$

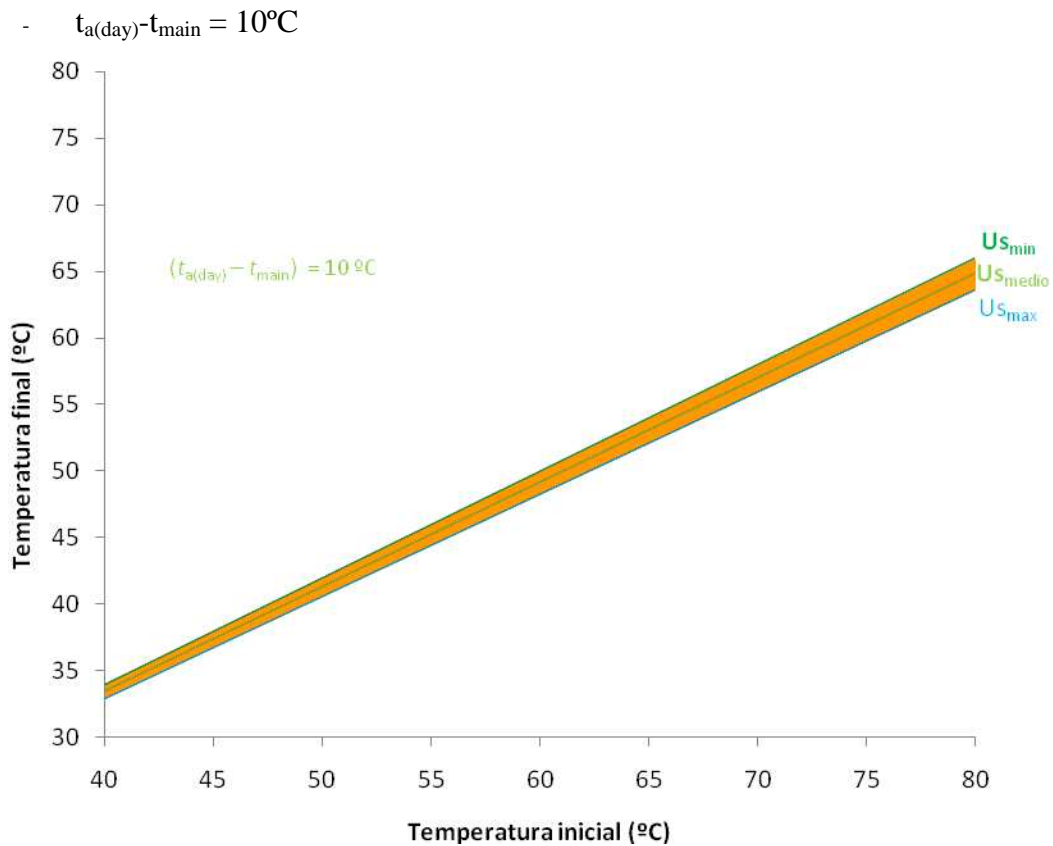
150 ± 5 litros



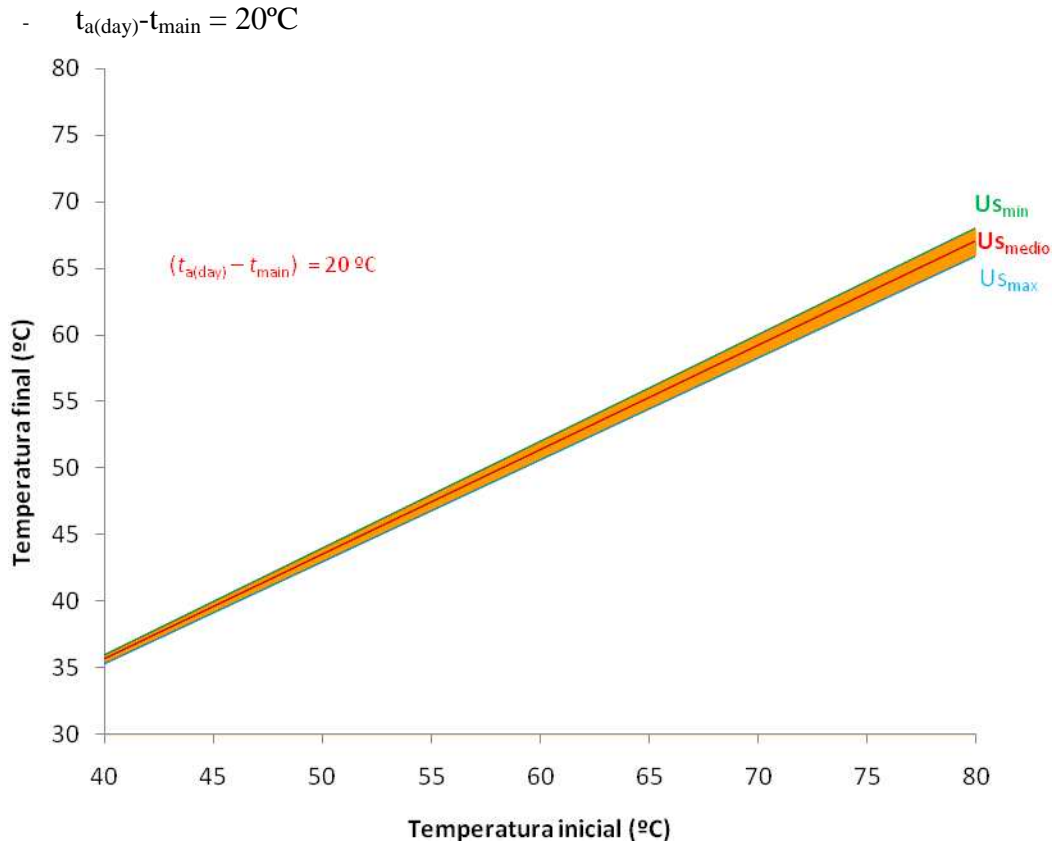
Gráfica 233. Envolvente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10^{\circ}\text{C}$



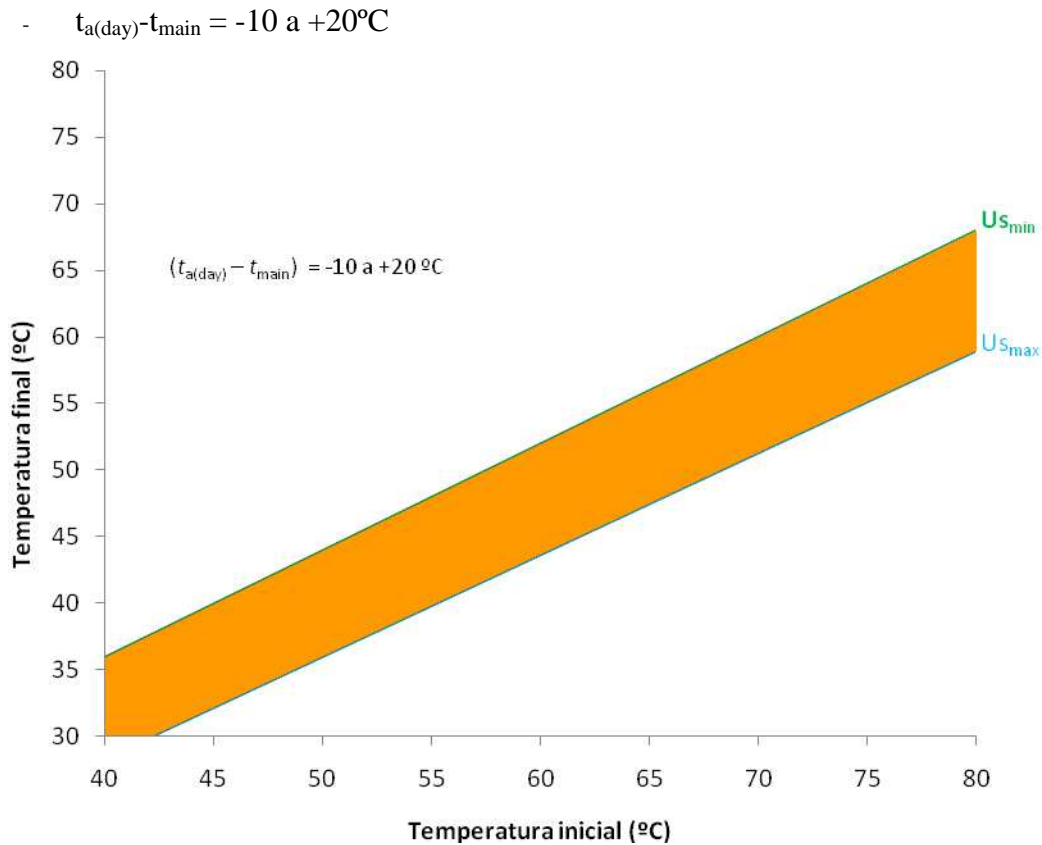
Gráfica 234. Envolvente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0^\circ\text{C}$



Gráfica 235. Envolvente temperatura final vs temperatura inicial sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10^\circ\text{C}$



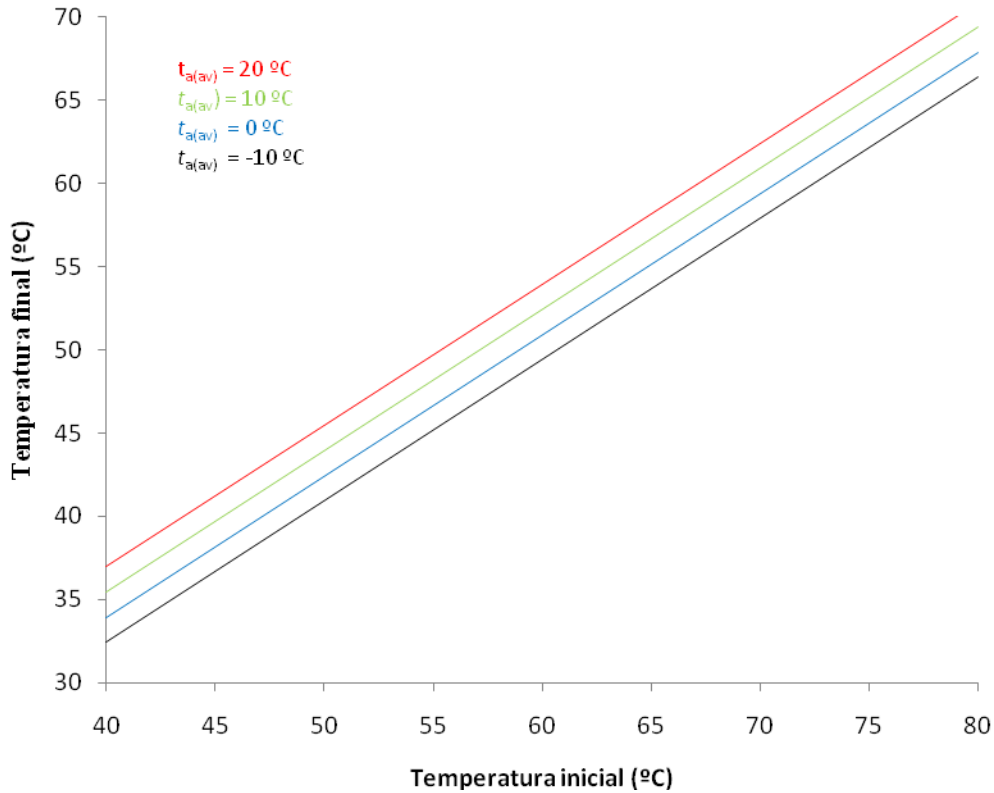
Gráfica 236. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20^{\circ}\text{C}$



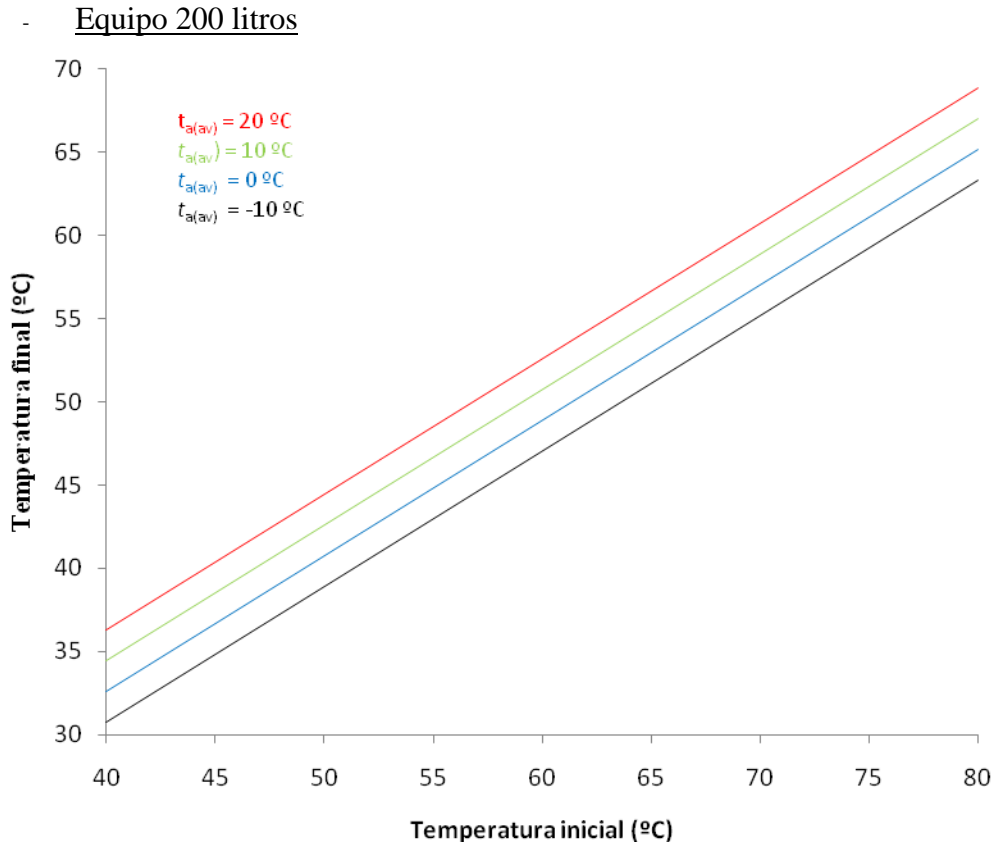
Gráfica 237. Envoltura temperatura final vs temperatura inicial sistemas 150 litros y $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10 \text{ a } +20^{\circ}\text{C}$

A continuación, se representan las gráficas Temperatura final (t_f) vs Temperatura inicial (t_i) para diferentes temperaturas ambiente medias de los sistemas 300, 200 y 150 litros medios, suponiendo un tiempo de enfriamiento de 12 horas.

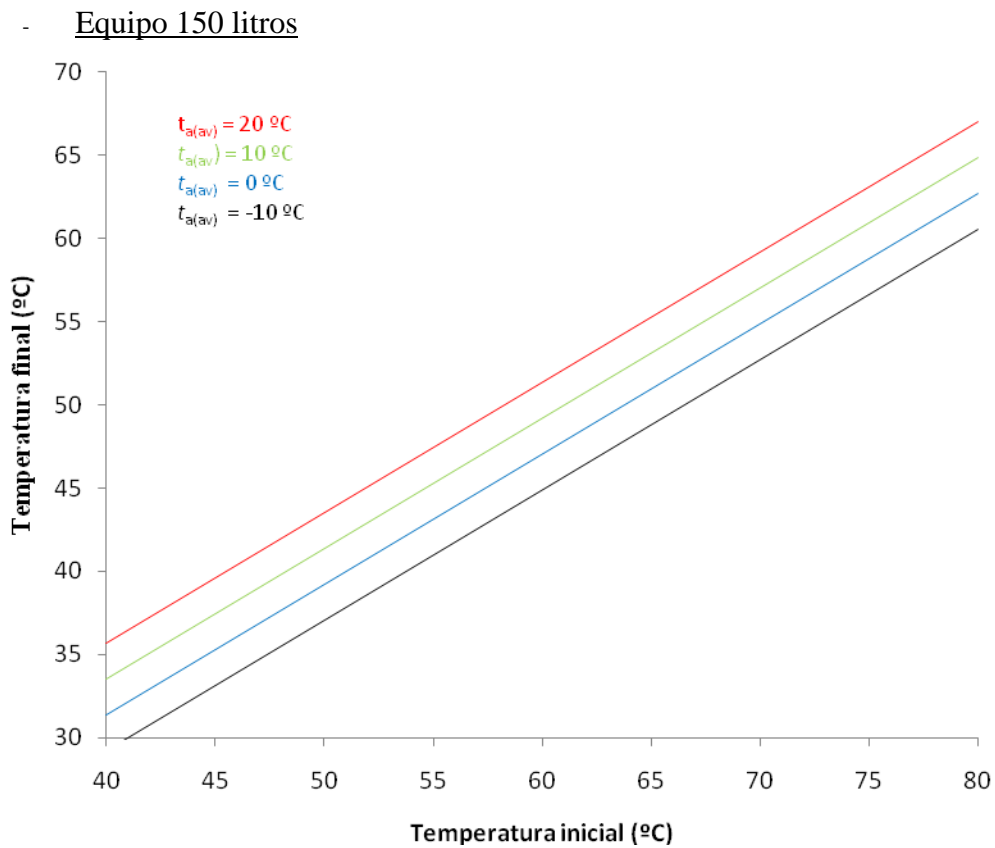
- Equipo 300 litros



Gráfica 238. Gráfica T^a final vs T^a inicial ensayo de pérdidas de calor del acumulador equipo 300 litros



Gráfica 239. Gráfica T^a final vs T^a inicial ensayo de pérdidas de calor del acumulador equipo 200 litros



Gráfica 240. Gráfica T^a final vs T^a inicial ensayo de pérdidas de calor del acumulador equipo 150 litros

Nota: No se observa una influencia del factor de pérdidas U_s con respecto al espesor de aislamiento del acumulador

6.10.4 Determinación del rendimiento a largo plazo

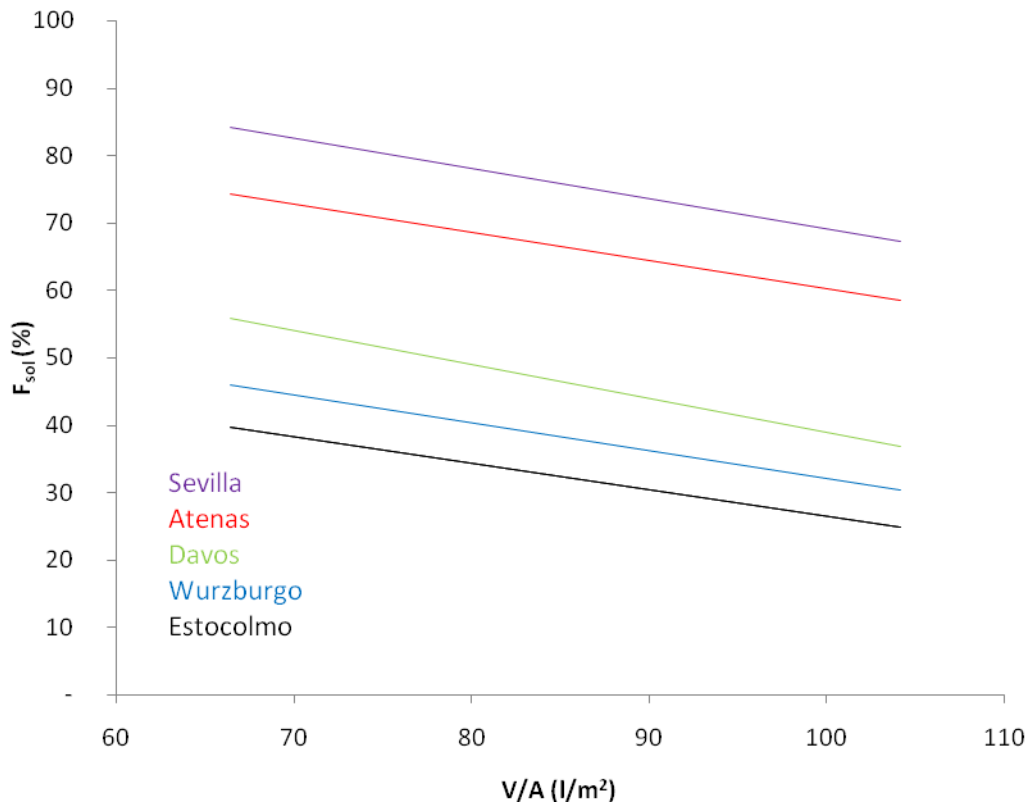
El análisis de éste punto se ha llevado a cabo en dos apartados.

1. Análisis comparativo de la Fracción solar (F_{sol}) obtenida para el volumen de los sistemas de las diferentes localidades de referencia frente a diferentes relaciones V/A.
2. Análisis comparativo de la Fracción solar obtenida para el volumen del sistema entre acumuladores tipo doble envolvente y acumuladores con intercambiadores tipo tubular.
3. Análisis comparativo de la Energía solar neta adquirida (Q_{medio}) para cada localidad de referencia
4. Análisis comparativo del Rendimiento medio anual ($\eta_{medio\ anual}$) para cada localidad de referencia
5. Análisis comparativo de la media anual de temperatura máxima del agua extraída ($t_{d(max)media}$) para cada localidad de referencia
6. Análisis comparativo de la Fracción solar y el rendimiento para la localidad de Sevilla.

NOTA: Para esta intercomparación no se ha tenido en cuenta el sistema con captador de pintura.

1. Análisis comparativo de la Fracción solar (F_{sol}) obtenida para el volumen de los sistemas de las diferentes localidades de referencia frente a diferentes relaciones V/A. En éste punto se observa lo siguiente:

a) En la gráfica 241 se observa como al aumentar la relación V/A menor es la Fracción solar. Para Sevilla, la ecuación que relaciona ambas variables es $(F_{\text{sol Sevilla}}) = -0,4246 (V/A) + 112,06$.

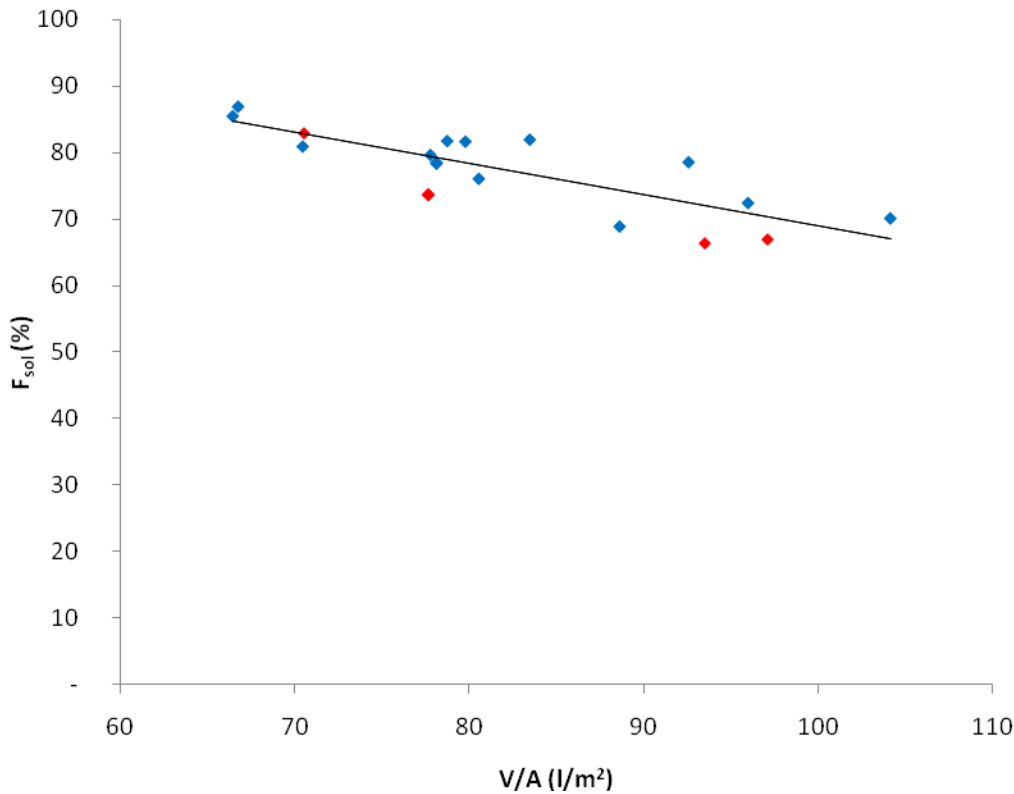


Gráfica 241. Gráfica Fracción solar vs V/A equipos a ensayo

Para sistemas con captadores selectivos e intercambiadores tipo doble envolvente, la ecuación que relaciona ambas variables, en la localidad de Sevilla, es $(F_{\text{sol Sevilla}}) = -0,3486 (V/A) + 106,7$.

Para sistemas con captadores selectivos e intercambiadores tipo tubular, la ecuación que relaciona ambas variables, en la localidad de Sevilla, es $(F_{\text{sol Sevilla}}) = -0,5789 (V/A) + 121,52$.

b) En la gráfica 242 se observa cómo, en la localidad de Sevilla, los sistemas que tienen intercambiadores tipo tubular presentan menor fracción solar que los sistemas con doble envolvente.



Gráfica 242. Fracción solar vs V/A equipos a ensayo para Sevilla, Int. Tubular

2. Análisis comparativo de la Fracción solar obtenida para el volumen del sistema entre acumuladores tipo doble envolvente y acumuladores con intercambiadores tipo tubular.

Para llevar a cabo el análisis, como se hizo en el apartado 7.10.1, se va a diferenciar entre equipos de 300, 200 y 150 litros aproximadamente, para cada uno de los tipos de intercambiadores de los acumuladores (doble envolvente ó tubular).

En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del tipo de intercambiador y del volumen del acumulador.

- Doble envolvente

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	F _{sol} Sevilla (%)	F _{sol} Atenas (%)	F _{sol} Davos (%)	F _{sol} Wurzburg (%)	F _{sol} Estocolmo (%)
3	4,32	287	66,44	85,51	75,3	58,26	46,23	39,84
7	3,6	280	77,78	79,66	69,44	50,34	41,04	34,84
11	3,84	300	78,13	78,52	68,28	48,72	39,95	33,75
17	3,81	300	78,74	81,77	71,39	52,94	42,83	36,51
18	3,76	300	79,79	81,68	71,58	52,93	43,72	37,47
21	4,36	295	67,66	80,88	70,72	51,62	41,16	34,66
Media	3,95	294	74,76	81,34	71,12	52,47	42,49	36,18
Max.	4,36	300	79,79	85,51	75,3	58,26	46,23	39,84
Mín.	3,6	280	66,44	78,52	68,28	48,72	39,95	33,75

Tabla 51. Fracción solar sistemas de doble envolvente de 300 litros

200 ±15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	F _{sol} Sevilla (%)	F _{sol} Atenas (%)	F _{sol} Davos (%)	F _{sol} Wurzburg (%)	F _{sol} Estocolmo (%)
2	2,16	200	92,59	78,58	68,61	48,76	40,31	34,13
4	2,30	192	83,48	81,98	71,88	53,05	43,15	36,91
8	2,00	192	96,00	72,44	62,58	42,37	33,98	28,00
12	1,92	200	104,17	70,13	61,18	40,22	33,13	27,45
20	2,20	195	88,64	68,91	60,25	38,52	31,88	26,10
Media	2,12	196	92,98	74,41	64,90	44,58	36,49	30,52
Max.	2,3	200	104,17	81,98	71,88	53,05	43,15	36,91
Mín.	1,92	192	83,48	68,91	60,25	38,52	31,88	26,1

Tabla 52. Fracción solar sistemas de doble envolvente de 200 litros

150 ±5 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	F _{sol} Sevilla (%)	F _{sol} Atenas (%)	F _{sol} Davos (%)	F _{sol} Wurzburg (%)	F _{sol} Estocolmo (%)
9	1,80	145	92,59	76,09	66,39	45,99	38,45	32,43
13	1,92	150	83,48	78,37	68,37	48,92	40,79	34,59
19	2,20	155	96,00	80,94	70,82	52,00	42,96	36,75
Media	1,97	150	90,69	78,47	68,53	48,97	40,73	34,59
Max.	2,2	155	96	80,94	70,82	52	42,96	36,75
Mín.	1,8	145	83,48	76,09	66,39	45,99	38,45	32,43

Tabla 53. Fracción solar sistemas de doble envolvente de 150 litros

- Tubular

300 ± 20 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	F _{sol} Sevilla (%)	F _{sol} Atenas (%)	F _{sol} Davos (%)	F _{sol} Wurzburg (%)	F _{sol} Estocolmo (%)
6	4,12	320	77,67	73,61	64,41	43,38	36,46	30,59
10	4,00	282	70,50	83,00	72,99	54,62	45,14	38,91
Media	4,06	301	74,09	78,31	68,70	49,00	40,80	34,75
Max.	4,12	320	77,67	83	72,99	54,62	45,14	38,91
Mín.	4	282	70,5	73,61	64,41	43,38	36,46	30,59

Tabla 54. Fracción solar sistemas tubular de 300 litros

200 ± 15 litros

Nº equipo	Area (m ²)	Volumen (l)	V/A (l/m ²)	F _{sol} Sevilla (%)	F _{sol} Atenas (%)	F _{sol} Davos (%)	F _{sol} Wurzburg (%)	F _{sol} Estocolmo (%)
5	2,06	200	97,09	66,96	58,76	37,17	31,11	25,74
15	2,00	187	93,50	66,41	58,50	37,10	31,41	26,19
Media	2,03	194	95,30	66,69	58,63	37,14	31,26	25,97
Max.	2,06	200	97,09	66,96	58,76	37,17	31,41	26,19
Mín.	2	187	93,5	66,41	58,5	37,1	31,11	25,74

Tabla 55. Fracción solar sistemas tubular de 200 litros

El análisis de este punto se lleva a cabo mediante la comparación de la Fracción solar, obtenida para el volumen del sistema, de todos los sistemas a ensayo para cada una de las localidades de referencia

- a) Fracción solar para la localidad de Sevilla
- b) Fracción solar para la localidad de Atenas
- c) Fracción solar para la localidad de Davos
- d) Fracción solar para la localidad de Wurzburg
- e) Fracción solar para la localidad de Estocolmo

- a) Fracción solar para Sevilla

Si se observa la Fracción solar media de los sistemas de 300 litros se puede ver que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 3,9% más de rendimiento que los tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 11,6%.

		$F_{sol\ media}$ (%)	$F_{sol\ máxima}$ (%)	$F_{sol\ mínima}$ (%)
Doble envolvente	300 l	81,34	85,51	78,52
	200 l	74,41	81,98	68,91
	150 l	78,47	80,94	76,09
Tubular	300 l	78,30	83,00	73,61
	200 l	66,69	66,96	66,41

Tabla 56. Resultados Fracción solar para la localidad de Sevilla

- b) Fracción solar para Atenas

De la comparación de la Fracción solar media para los sistemas de 300 litros se observa que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 3,5% más de Fracción solar que los sistemas tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 10,7%.

		$F_{sol\ media}$ (%)	$F_{sol\ máxima}$ (%)	$F_{sol\ mínima}$ (%)
Doble envolvente	300 l	71,12	75,30	68,28
	200 l	64,90	71,88	60,25
	150 l	68,53	70,82	66,39
Tubular	300 l	68,70	72,99	64,41
	200 l	58,63	58,76	58,50

Tabla 57. Resultados Fracción solar para la localidad de Atenas

- c) Fracción solar para Davos

De la comparación de la Fracción solar media para los sistemas de 300 litros se observa que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 7,1% más de Fracción solar que los sistemas tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 20,1%.

		$F_{\text{sol media}}$ (%)	$F_{\text{sol máxima}}$ (%)	$F_{\text{sol mínima}}$ (%)
Doble envolvente	300 l	52,47	58,26	48,72
	200 l	44,58	53,05	38,52
	150 l	48,97	52,00	45,99
Tubular	300 l	49,00	54,62	43,38
	200 l	37,14	37,17	37,10

Tabla 58. Resultados Fracción solar para la localidad de Davos

d) Fracción solar para Wurzburg

De la comparación de la Fracción solar media para los sistemas de 300 litros se observa que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 4,1% más de Fracción solar que los sistemas tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 16,7%.

		$F_{\text{sol media}}$ (%)	$F_{\text{sol máxima}}$ (%)	$F_{\text{sol mínima}}$ (%)
Doble envolvente	300 l	42,49	46,23	39,95
	200 l	36,49	43,15	31,88
	150 l	40,73	42,96	38,45
Tubular	300 l	40,80	45,14	36,46
	200 l	31,26	31,41	31,11

Tabla 59. Resultados Fracción solar para la localidad de Wurzburg

e) Fracción solar para Estocolmo

De la comparación de la Fracción solar media para los sistemas de 300 litros se observa que los sistemas con intercambiadores doble envolvente tienen un 4,1% más de Fracción solar que los sistemas tubulares. Para los sistemas de 200 litros ocurre algo similar, con una variación del 17,5%.

		$F_{\text{sol media}}$ (%)	$F_{\text{sol máxima}}$ (%)	$F_{\text{sol mínima}}$ (%)
Doble envolvente	300 l	36,18	39,84	33,75
	200 l	30,52	36,91	26,10
	150 l	34,59	36,75	32,43
Tubular	300 l	34,75	38,91	30,59
	200 l	25,96	26,19	25,74

Tabla 60. Resultados Fracción solar para la localidad de Estocolmo

3. Análisis comparativo de la Energía solar neta adquirida (Q_{medio}) para cada localidad de referencia.

Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

Nº equipo	$Q_{\text{medioAtenas}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioDavos}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioWurzburgo}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioEstocolmo}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioSevilla}}$ (MJ)
3	33,30	31,27	23,21	20,15	39,27
6	27,68	25,24	19,24	16,32	33,09
7	28,82	26,68	19,98	17,13	34,25
10	31,11	29,20	22,14	19,38	36,48
11	31,58	29,02	21,82	18,58	37,69
17	31,72	29,70	21,93	18,95	37,54
18	31,54	29,71	22,35	19,58	36,96
21	32,24	29,60	22,11	18,75	38,57
Media	31,00	28,80	21,60	18,61	36,73
Max.	33,30	31,27	23,21	20,15	39,27
Mín.	27,68	25,24	19,24	16,32	33,09

Tabla 61. Energía media anual extraída para los sistemas de 300 litros para cada localidad de referencia

200 ± 15 litros

Nº equipo	$Q_{\text{medioAtenas}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioDavos}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioWurzburgo}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioEstocolmo}}$ (MJ)	$Q_{\text{medioSevilla}}$ (MJ)
2	19,44	18,09	13,56	11,71	23,01
4	20,83	19,27	14,55	12,50	24,71
5	15,12	13,72	10,34	8,68	18,19
8	16,45	15,19	10,99	9,25	19,78
12	16,47	15,20	11,25	9,56	19,68
15	15,74	14,37	10,95	9,31	18,80
20	16,40	14,90	11,19	9,40	19,73
Media	17,21	15,82	11,83	10,06	20,56
Max.	20,83	19,27	14,55	12,50	24,71
Mín.	15,12	13,72	10,34	8,68	18,19

Tabla 62. Energía media anual extraída para los sistemas de 200 litros para cada localidad de referencia

150 ± 5 litros

Nº equipo	Q _{medioAtenas} (MJ)	Q _{medioDavos} (MJ)	Q _{medioWurzburgo} (MJ)	Q _{medioEstocolmo} (MJ)	Q _{medioSevilla} (MJ)
9	13,37	12,36	9,37	8,06	15,86
13	17,12	16,09	12,05	10,51	20,13
19	17,24	16,17	12,21	10,67	20,24
Media	15,91	14,87	11,21	9,74	18,74
Max.	17,24	16,17	12,21	10,67	20,24
Mín.	13,37	12,36	9,37	8,06	15,86

Tabla 63. Energía media anual extraída para los sistemas de 150 litros para cada localidad de referencia

4. Análisis comparativo del Rendimiento medio anual ($\eta_{\text{medio anual}}$) para cada localidad de referencia.

Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

Nº equipo	$\eta_{\text{medioAtenas}}$ (%)	$\eta_{\text{medioDavos}}$ (%)	$\eta_{\text{medioWurzburgo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioEstocolmo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioSevilla}}$ (%)
3	45,48	43,57	44,29	42,49	46,74
6	39,64	36,89	38,49	36,08	41,30
7	47,24	44,62	45,76	43,34	48,92
10	45,89	43,95	45,64	44,12	46,88
11	48,52	45,49	46,85	44,06	50,46
17	49,12	46,93	47,46	45,30	50,66
18	49,48	47,58	49,00	47,43	50,53
21	43,63	40,87	41,80	39,16	45,49
Media	46,12	43,74	44,91	42,75	47,62
Max.	49,48	47,58	49,00	47,43	50,66
Mín.	39,64	36,89	38,49	36,08	41,30

Tabla 64. Rendimiento medio anual para los sistemas de 300 litros para cada localidad de referencia

200 ± 15 litros

Nº equipo	$\eta_{\text{medioAtenas}}$ (%)	$\eta_{\text{medioDavos}}$ (%)	$\eta_{\text{medioWurzburgo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioEstocolmo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioSevilla}}$ (%)
2	53,10	50,42	51,77	49,35	54,77
4	53,44	50,44	52,15	49,52	55,25
5	43,30	40,09	41,39	38,39	45,40
8	48,54	45,71	45,28	42,12	50,85
12	50,62	47,68	48,29	45,35	52,71
15	46,43	43,27	45,14	42,38	48,32
20	43,98	40,79	41,94	38,91	46,11
Media	48,49	45,48	46,57	43,72	50,49
Max.	53,44	50,44	52,15	49,52	55,25
Mín.	43,30	40,09	41,39	38,39	45,40

Tabla 65. Rendimiento medio anual para los sistemas de 200 litros para cada localidad de referencia

150 ± 5 litros

Nº equipo	$\eta_{\text{medioAtenas}}$ (%)	$\eta_{\text{medioDavos}}$ (%)	$\eta_{\text{medioWurzburgo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioEstocolmo}}$ (%)	$\eta_{\text{medioSevilla}}$ (%)
9	43,83	41,33	42,93	40,78	45,30
13	52,60	50,44	51,72	49,83	53,89
19	46,22	44,24	45,77	44,16	47,30
Media	47,55	45,34	46,81	44,92	48,83
Max.	52,60	50,44	51,72	49,83	53,89
Mín.	43,83	41,33	42,93	40,78	45,30

Tabla 66. Rendimiento medio anual para los sistemas de 150 litros para cada localidad de referencia

5. Análisis comparativo de la media anual de temperatura máxima del agua extraída ($t_{d(max)media}$) para cada localidad de referencia.

Para llevar a cabo el análisis se va a diferenciar entre equipos de 300 litros, de 200 litros y de 150 litros aproximadamente. En las siguientes tablas se muestran los diferentes grupos dependiendo del volumen del acumulador.

300 ± 20 litros

Nº equipo	$t_{d(max)mediaAtenas}$ (°C)	$t_{d(max)mediaDavos}$ (°C)	$t_{d(max)mediaWurzburgo}$ (°C)	$t_{d(max)mediaEstocolmo}$ (°C)	$t_{d(max)mediaSevilla}$ (°C)
3	47,72	33,93	32,09	32,09	50,03
6	41,79	27,54	27,00	27,00	43,94
7	45,22	31,20	30,37	30,37	47,28
10	45,61	31,59	30,01	30,01	48,03
11	48,40	34,09	33,31	33,31	50,73
17	43,01	29,10	28,33	28,33	44,93
18	49,36	35,65	34,46	34,46	51,28
21	45,67	31,21	29,82	29,82	48,45
Media	45,85	31,79	30,67	30,67	48,08
Max.	49,36	35,65	34,46	34,46	51,28
Mín.	41,79	27,54	27,00	27,00	43,94

Tabla 67. Media anual de temperatura máxima del agua extraída para los sistemas de 300 litros

200 ± 15 litros

Nº equipo	$t_{d(max)mediaAtenas}$ (°C)	$t_{d(max)mediaDavos}$ (°C)	$t_{d(max)mediaWurzburgo}$ (°C)	$t_{d(max)mediaEstocolmo}$ (°C)	$t_{d(max)mediaSevilla}$ (°C)
2	42,67	28,92	29,42	29,42	43,81
4	45,82	31,70	31,05	31,05	47,91
5	36,51	22,65	23,02	23,02	37,83
8	41,52	27,58	27,44	27,44	43,16
12	42,68	28,61	28,27	28,27	44,55
15	37,76	23,81	24,23	24,23	39,14
20	40,78	26,53	26,52	26,52	42,69
Media	41,11	27,11	27,14	27,14	42,73
Max.	45,82	31,70	31,05	31,05	47,91
Mín.	36,51	22,65	23,02	23,02	37,83

Tabla 68. Media anual de temperatura máxima del agua extraída para los sistemas de 200 litros

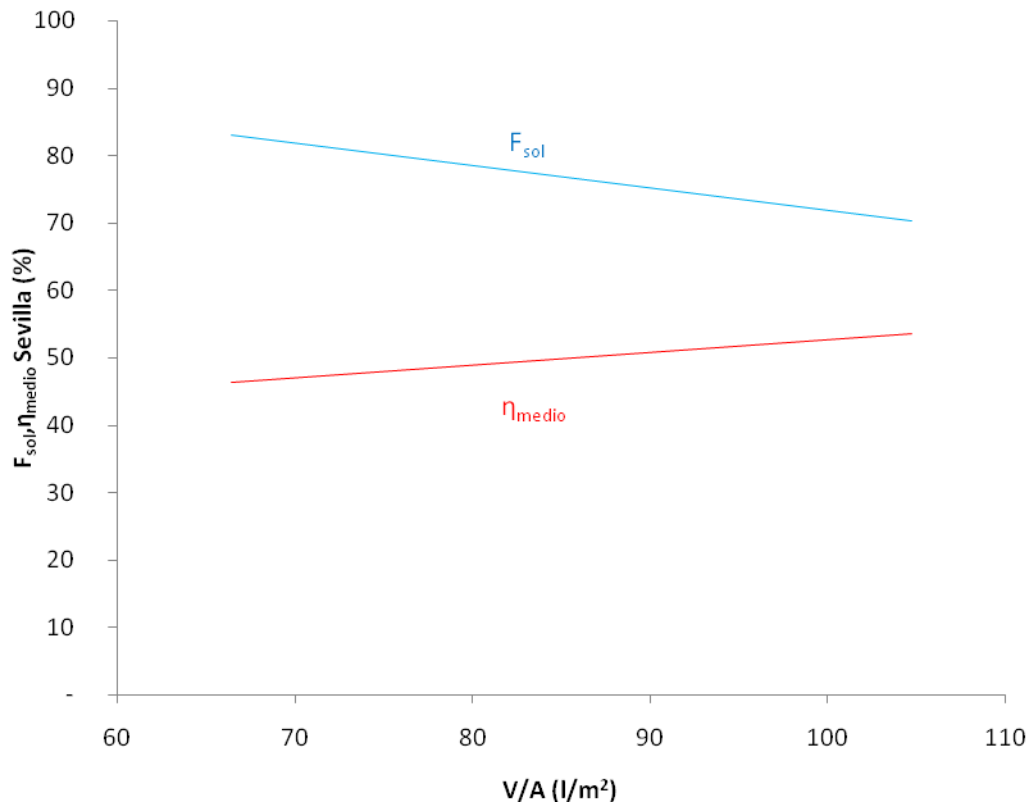
150 ± 5 litros

Nº equipo	$t_{d(max)mediaAtenas}$ (°C)	$t_{d(max)mediaDavos}$ (°C)	$t_{d(max)mediaWurzburgo}$ (°C)	$t_{d(max)media}$ Estocolmo (°C)	$t_{d(max)media}$ Sevilla (°C)
9	44,64	30,58	29,90	29,90	46,67
13	47,52	33,53	31,96	31,96	49,91
19	48,57	34,64	32,48	32,48	51,19
Media	46,91	32,91	31,45	31,45	49,26
Max.	48,57	34,64	32,48	32,48	51,19
Mín.	44,64	30,58	29,90	29,90	46,67

Tabla 69. Media anual de temperatura máxima del agua extraída para los sistemas de 150 litros

6. Análisis comparativo de la Fracción solar y el rendimiento para la localidad de Sevilla.

En la figura 243 se representan las fracciones solares medias obtenidas para el volumen de los sistemas, y el rendimiento medio anual para la localidad de Sevilla frente a las relaciones V/A de los equipos ensayados.



Gráfica 243. Fracción solar y rendimiento medio anual vs V/A equipos a ensayo para Sevilla

En la figura anterior se puede ver como al aumentar la relación V/A aumenta el rendimiento del sistema, sin embargo, disminuye la Fracción solar.

Una cuestión interesante a tener en cuenta es el criterio, en base a lo que se ha estado estudiado, más conveniente a la hora de asignar incentivos a los diferentes sistemas prefabricados. La relación V/A que marca el código técnico es de 50-180 litros/m². En localidades del sur de España, donde se tiene un gran número de horas de sol a lo largo del año, interesaría incentivar equipos con altas relaciones V/A, favoreciendo un mayor rendimiento energético. La Agencia Andaluza de la Energía, órgano responsable de incentivos en Andalucía, prima relaciones V/A entre 70-120 l/m², con lo cual no está premiando estos tipos de sistemas. Dicha Agencia aporta más subvención a equipos con menor relación V/A para un volumen determinado. Para mi entender se está primando, sin sentido, el bajo rendimiento y la sobrettemperatura.

6.11 Comprobación de protección contra flujo invertido (UNE-EN 12976-2 Apartado 5.10)

Todos los fabricantes suministran las válvulas anti-retorno a la entrada del circuito secundario. Todas pasan con éxito una prueba de flujo invertido.