

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**"ESTUDIO DE RENTABILIDAD Y OPTIMIZACIÓN
ENERGÉTICA DE UNA COMUNIDAD DE VECINOS"**

**TRABAJO FIN DE
GRADO**
Septiembre -2017

AUTOR: Andrés Bonmatí Antón
DIRECTOR/ES: César Fernández Peris

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. MEDIDAS DE AHORRO Y SEGUIMIENTO
3. EVOLUCIÓN CONSUMOS Y COSTES
4. INVERSIÓN, AHORRO Y BENEFICIO
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Empresa de Servicios Energéticos

1.2. Tipos de contratos

1.3. Alcance del presente TFG

1.1. Empresa de Servicios Energéticos “ESE”

El objetivo de la ESE es la búsqueda del ahorro económico y reducción de consumo energético en la factura energética del cliente.

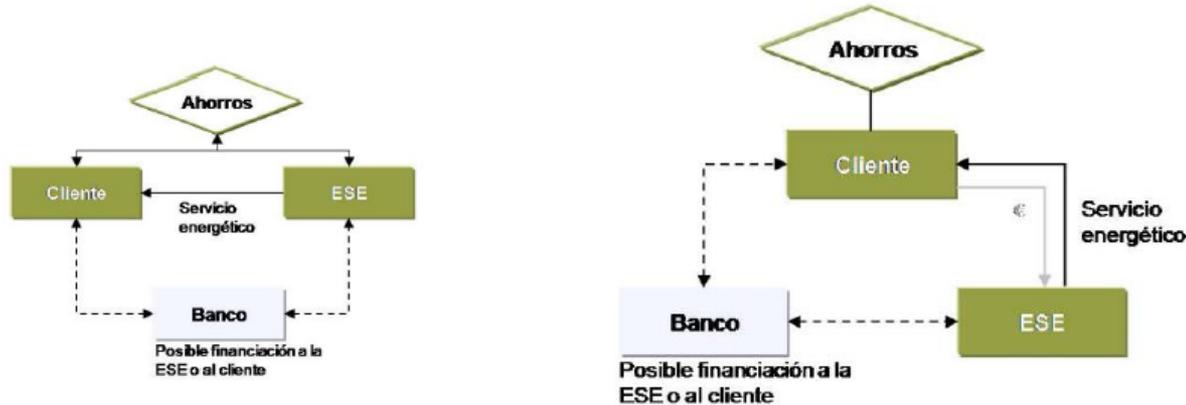
Mediante el estudio de la factura energética y hábitos de consumo se proponen las medidas de ahorro.

El cliente que carece de capacidad o experiencia delega en la ESE esta función.

1.2. Tipos de contratos

Contrato de rendimiento energético EPC

- Ahorros compartidos
- Ahorros garantizados



1.3. Alcance del presente TFG

El cliente del presente TFG es una comunidad de vecinos, donde existe un total de 4 suministros (CUPS): bloque 19, bloque 21, bloque 23 y sótano.

La ESE realizó una auditoria en 2014, y en 2015 se firmo un contrato de ahorros compartidos al 50%.

El pasado mes de Junio se cumplieron 2 años del Sistema de Gestión Energético implantado.



1.3. Alcance del presente TFG

Durante mis prácticas en la ESE realicé el seguimiento mensual de consumo y económico.

Mensualmente se debe realizar un informe de seguimiento, para el informe de seguimiento se recogen los datos de consumo y costes de la factura eléctrica emitida por la comercializadora.

En este informe se indica el ahorro obtenido por el cliente y las ganancias para la ESE por la prestación del servicio.

FACTURACIÓN abril-17
Facturas emitidas por comercializadora actual

	FACTURADO	BASE	AHORRO	Facturación (50% del ahorro)
BLOQUE 19	219,49 €	412,35 €	192,86 €	96,43 €
BLOQUE 21	219,32 €	398,47 €	179,15 €	89,57 €
BLOQUE 23	212,36 €	420,82 €	208,46 €	104,23 €
SÓTANO	218,14 €	535,15 €	317,01 €	158,51 €
TOTALES	869,31 €	1.766,79 €	897,48 €	448,74 €

COMPARATIVAS LÍNEAS BASE - FACTURACIÓN REAL

1. POTENCIAS CONTRATADAS

	POTENCIAS BASE			POTENCIAS FACTURADAS		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
BLOQUE 19	17,32	17,32	17,32	15,00	15,00	17,32
BLOQUE 21	17,32	17,32	17,32	15,10	15,10	17,32
BLOQUE 23	17,32	17,32	17,32	15,10	15,10	17,32
SÓTANO	20,78	20,78	20,78	15,10	15,10	20,78

2. CONSUMO ENERGÍA ACTIVA

	CONSUMOS BASE			CONSUMOS FACTURADOS		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
BLOQUE 19	246,67	678,58	218,92	187,00	577,00	146,00
BLOQUE 21	238,92	637,67	193,33	201,00	560,00	141,00
BLOQUE 23	252,58	666,92	194,08	187,00	529,00	125,00
SÓTANO	287,50	793,75	423,42	149,00	456,00	232,00

3. PENALIZACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA

	Penalización BASE	Penalización FACTURADA
BLOQUE 19	49,47 €	1,17 €
BLOQUE 21	47,41 €	1,30 €
BLOQUE 23	51,50 €	1,39 €
SÓTANO	82,12 €	6,24 €

2. Medidas de ahorro y seguimiento

La factura eléctrica se compone de 5 conceptos:

- Término potencia
- Término energía
- Penalización reactiva
- Equipo de medida
- Impuestos

CONOZCA AL DETALLE SU FACTURACIÓN Y CONSUMOS		
ENERGÍA		
Potencia facturada (21/08/2014-15/09/2014)	PP 17,32 kW x 2,841197 €/kW	49,21 €
	PLL 17,32 kW x 1,704718 €/kW	29,53 €
	PV 17,32 kW x 1,136479 €/kW	19,68 €
Total Importe potencia hasta 15/09/2014		98,42 €
Energía facturada (21/08/2014-15/09/2014)	P 182 kWh x 0,166396 €/kWh	30,28 €
	LL 496 kWh x 0,135166 €/kWh	67,04 €
	V 155 kWh x 0,101929 €/kWh	15,80 €
Total 833 kWh hasta 15/09/2014		113,12 €
Energía reactiva (21/08/2014-15/09/2014)	P1 157,94 kVArh x 0,062332 €/kVArh	9,84 €
	P2 428,32 kVArh x 0,062332 €/kVArh	26,70 €
Total energía reactiva hasta 15/09/2014		36,54 €
Impuesto sobre electricidad	4,864% s/248,08 € x 1,05113	12,68 €
TOTAL ENERGÍA		280,76 €
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS		
Alquiler equipos medida y control (21/08/2014-15/09/2014)	1 mes x 12 €/mes	12,00 €
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS		12,00 €
IMPORTE TOTAL		272,76 €
IVA	21% s/272,76 €	57,28 €
TOTAL IMPORTE FACTURA		330,04 €

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Término potencia.

La actuación realizada sobre el término potencia ha consistido en una reducción de la potencia contratada en dos de sus tres periodos. Esta tarea es sólo administrativa con la comercializadora y distribuidora.

Su coste es de 0 €.

	P.contratada (P1;P2;P3) kW					
	Auditoria		Inicio 2015	E.S.E.	Julio	Noviembre 2015 actual
Bloque 19	17,32; 17,32	17,32;	17,32;	17,32;	17,32	15,1; 15,1; 17,32
Bloque 21	17,32; 17,32	17,32;	17,32;	17,32;	17,32	15,1; 15,1; 17,32
Bloque 23	17,32; 17,32	17,32;	17,32;	17,32;	17,32	15,1; 15,1; 17,32
Sótano	20,78; 20,78	20,78;	20,78;	20,78;	20,78	15,1; 15,1; 20,78

Tabla 39. Evolución potencias contratadas. L'Almassera

	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW día]		
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
3.0A	Pc > 15 kW	0,111586	0,066952	0,044634

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Término energía.

En el coste del término energía influye el consumo y el precio del kWh acordado con la comercializadora eléctrica.

1. Negociar precio kWh

	Precio cent€/kWh		
	p1	p2	p3
Bloque 19	11,2282	9,2043	6,5430
Bloque 21	11,2282	9,2043	6,5430
Bloque 23	11,2282	9,2043	6,5430
Sótano	11,2282	9,2043	6,5430

Tabla 51. Precio actual término energía

	Precio cent€/kWh		
	p1	p2	p3
Bloque 19	15,9336	13,1161	9,6601
Bloque 21	15,9336	13,1161	9,6601
Bloque 23	16,8182	13,704	10,388
Sótano	15,9336	13,1161	9,6601

Tabla 52. Precio pre-ESE término energía. L'Almassera

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Término energía.

2. Equipos más eficientes.

Se ha invertido en equipos para reducir el consumo, como son: bombillas LED, tubos LED y detectores de presencia.

Además se han optimizado los encendidos de los relojes de iluminación.

Concepto	Cantidad	Precio Ud. €	Precio Total €
Batería de condensadores	3	53,24	159,72
Bombillas LED	154	3,6	554,4
Tubos LED	64	8,9	569,6
Modems de comunicación	4	135,5	542
Detectores de presencia	15	6,65	99,75
TOTAL COSTE EQUIPOS			1925,47

Tabla 71. Inversión realizada. L'Almassera

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Penalización reactiva.

Se penaliza cuando la energía reactiva supera el 33% de la activa en una instalación.

En la auditoría se detecta penalización en los 4 suministros.

En el sótano se elimina la penalización con el cambio a iluminación LED.

En los 3 bloques se necesita de una batería de condensadores.



2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Seguimiento.

Mensualmente se descargan las facturas y se realizan los informes de seguimiento.

Cualquier anomalía detectada en los consumos se comprueba mediante conexión remota con el contador de nuestro cliente.



2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Seguimiento e informes.

Para realizar el informe necesitamos los costes base.

El coste base es el coste promedio extraído del estudio de las facturas de 12 meses, realizado en la fase de auditoria.

- Término de potencia $T.P._p$

	Potencia Base (kW)		
	Potencia contratada		Pot_{cont}
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	17,32	17,32	17,32
BLOQUE 21	17,32	17,32	17,32
BLOQUE 23	17,32	17,32	17,32
SÓTANO	20,78	20,78	20,78

Precio Regulado IET107/2014 (€ año)			Coste Potencia
PP_{rp}			
P1	P2	P3	
40,72885	24,43733	16,291555	117,57 €
40,72885	24,43733	16,291555	117,57 €
40,72885	24,43733	16,291555	117,57 €
40,72885	24,43733	16,291555	141,06 €

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Seguimiento e informes.

- Término de energía $T.E_p$

	Consumo Base (kWh)		
	(ΔEA)		
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	246,67	678,58	218,92
BLOQUE 21	238,92	637,67	193,33
BLOQUE 23	252,58	666,92	194,08
SÓTANO	287,50	793,75	423,42

	Precios base (€/kWh)			Coste Energía
	$(PE_{rp} + PE_{np})$			
	P1	P2	P3	
BLOQUE 19	0,154906	0,127948	0,094641	145,75 €
BLOQUE 21	0,154906	0,127948	0,094641	136,90 €
BLOQUE 23	0,163749	0,133813	0,101913	150,38 €
SÓTANO	0,154906	0,127948	0,094641	186,17 €

FÓRMULA - Coste Total Base

	$(T.P_p + T.E_p + ER) + I.E.E. + EDM$						
	Coste Potencia	Coste Energía	Coste Reactiva	IEE	EDM	IVA	TOTAL
BLOQUE 19	117,57 €	145,75 €	49,47 €	15,99 €	12,00 €	71,56 €	412,35 €
BLOQUE 21	117,57 €	136,90 €	47,41 €	15,43 €	12,00 €	69,16 €	398,47 €
BLOQUE 23	117,57 €	150,38 €	51,50 €	16,33 €	12,00 €	73,03 €	420,82 €
SÓTANO	141,06 €	186,17 €	82,12 €	20,93 €	12,00 €	92,88 €	535,15 €

2. Medidas de ahorro y seguimiento

- Seguimiento e informes.

COMPARATIVAS LÍNEAS BASE - FACTURACIÓN REAL

1. POTENCIAS CONTRATADAS

	POTENCIAS BASE		
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	17,32	17,32	17,32
BLOQUE 21	17,32	17,32	17,32
BLOQUE 23	17,32	17,32	17,32
SÓTANO	20,78	20,78	20,78

	POTENCIAS FACTURADAS		
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	15,00	15,00	17,32
BLOQUE 21	15,10	15,10	17,32
BLOQUE 23	15,10	15,10	17,32
SÓTANO	15,10	15,10	20,78

2. CONSUMO ENERGÍA ACTIVA

	CONSUMOS BASE		
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	246,67	678,58	218,92
BLOQUE 21	238,92	637,67	193,33
BLOQUE 23	252,58	666,92	194,08
SÓTANO	287,50	793,75	423,42

	CONSUMOS FACTURADOS		
	P1	P2	P3
BLOQUE 19	187,00	577,00	146,00
BLOQUE 21	201,00	560,00	141,00
BLOQUE 23	187,00	529,00	125,00
SÓTANO	149,00	456,00	232,00

3. PENALIZACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA

	Penalización BASE	Penalización FACTURADA
BLOQUE 19	49,47 €	1,17 €
BLOQUE 21	47,41 €	1,30 €
BLOQUE 23	51,50 €	1,39 €
SÓTANO	82,12 €	6,24 €

FACTURACIÓN abril-17

Facturas emitidas por comercializadora actual

	FACTURADO	BASE	AHORRO	Facturación
BLOQUE 19	219,49 €	412,35 €	192,86 €	96,43 €
BLOQUE 21	219,32 €	398,47 €	179,15 €	89,57 €
BLOQUE 23	212,36 €	420,82 €	208,46 €	104,23 €
SÓTANO	218,14 €	535,15 €	317,01 €	158,51 €
TOTALES	869,31 €	1.766,79 €	897,48 €	448,74 €

(50% del ahorro)

3. Evolución de consumos y costes

- EVOLUCIÓN DE CONSUMOS.

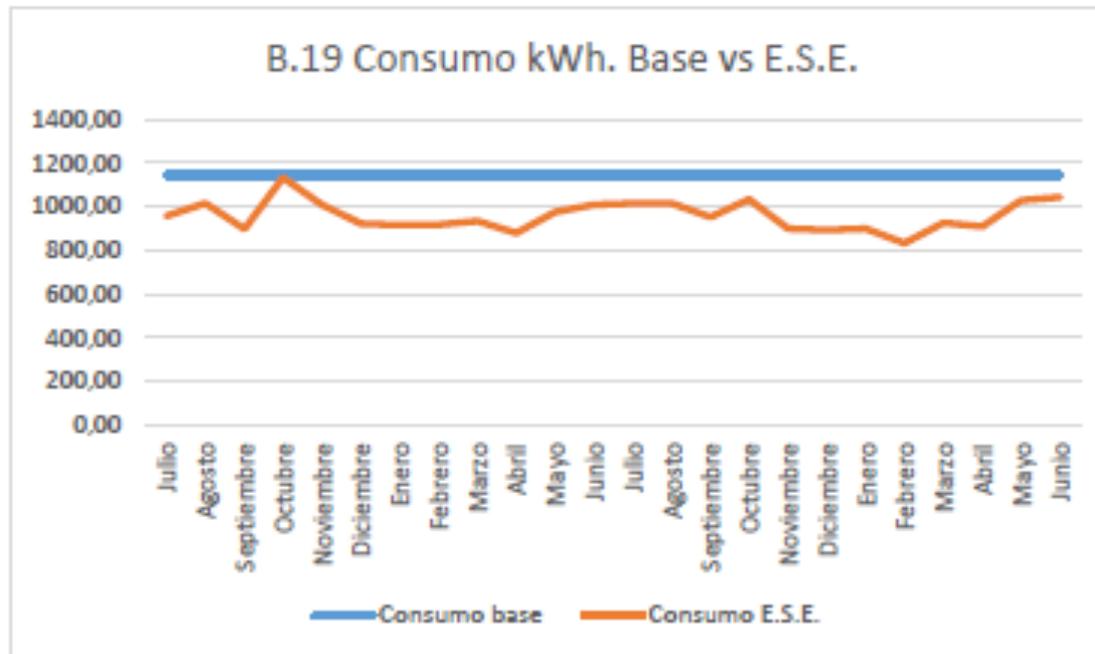


Tabla 35. Comparativa consumo base promedio pre-ESE vs ESE. Bloque 19

3. Evolución de consumos y costes

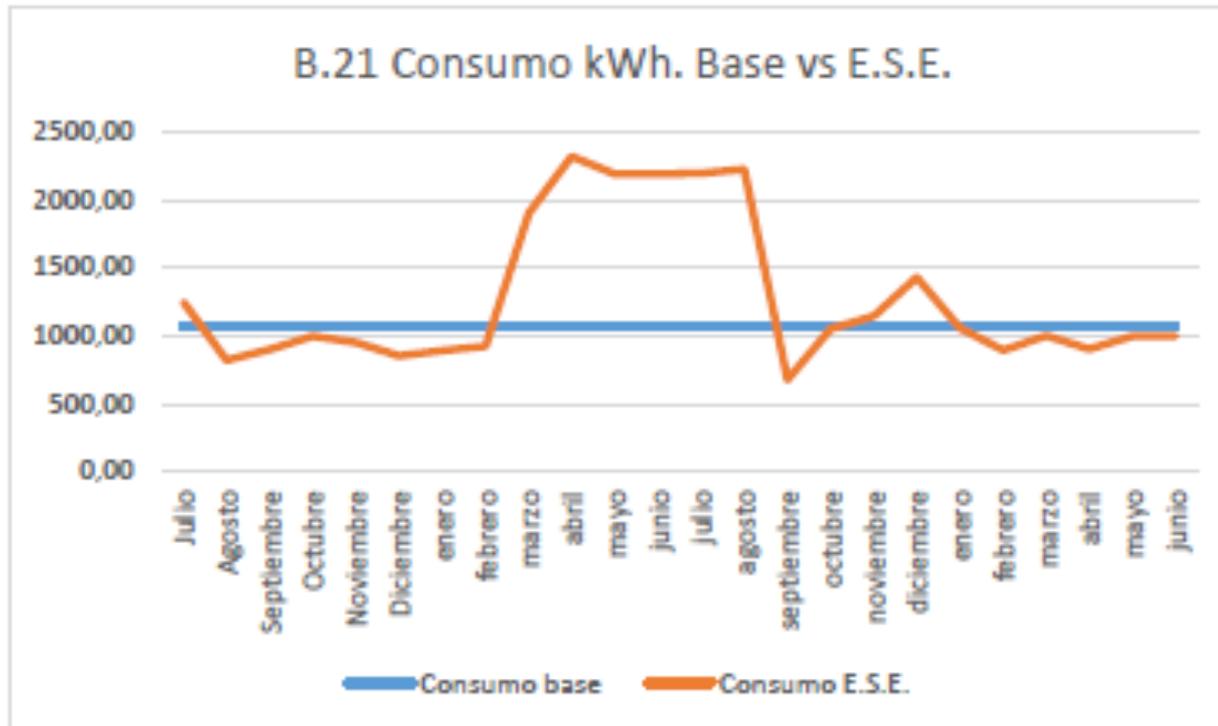


Tabla 36. Comparativa consumo base promedio pre-ESE vs ESE. Bloque 21

3. Evolución de consumos y costes

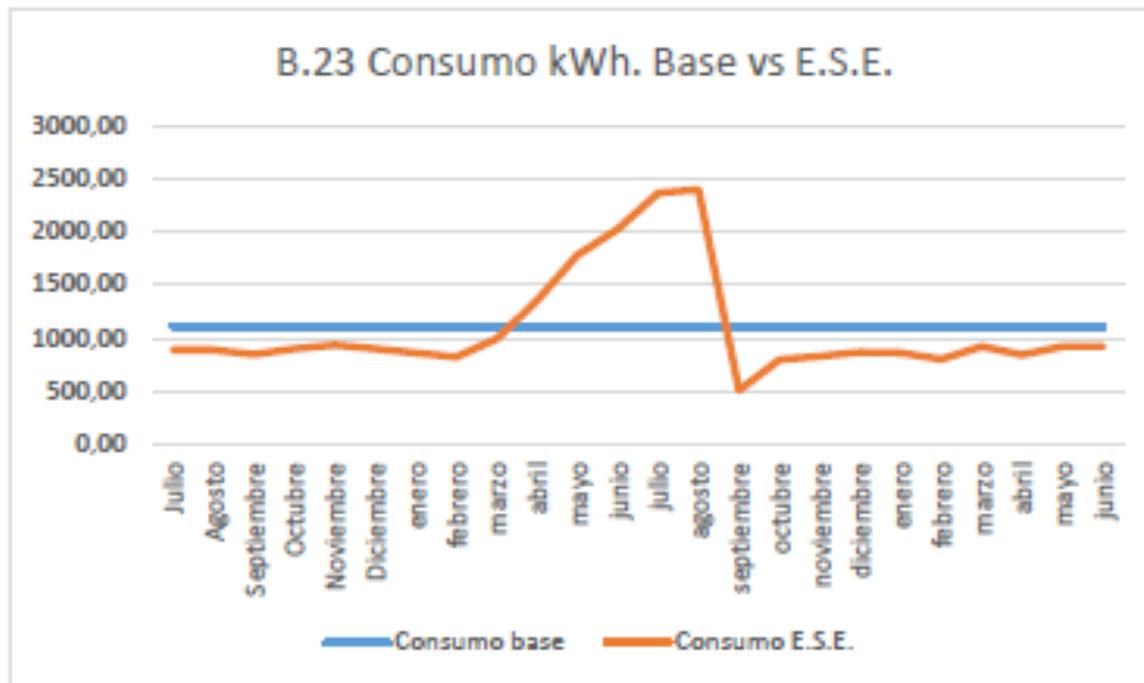


Tabla 37. Comparativa consumo base promedio pre-ESE vs ESE. Bloque 23

3. Evolución de consumos y costes

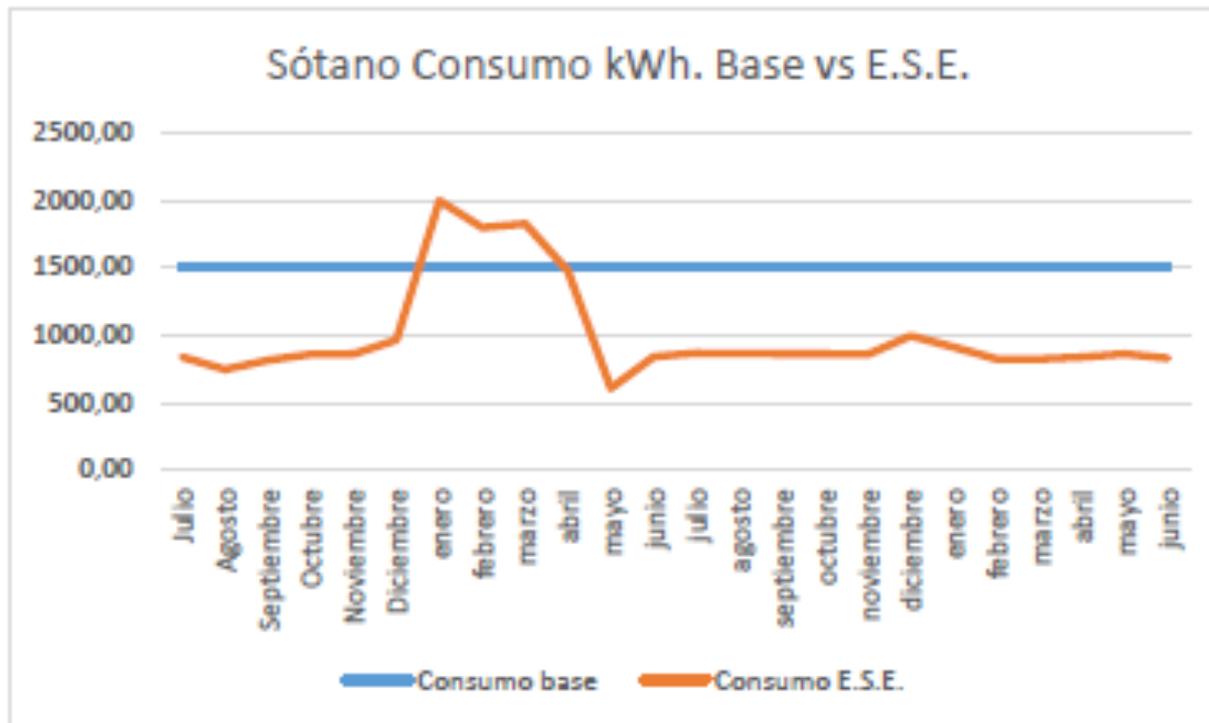


Tabla 38. Comparativa consumo base promedio pre-ESE vs ESE. Sótano

3. Evolución de consumos y costes

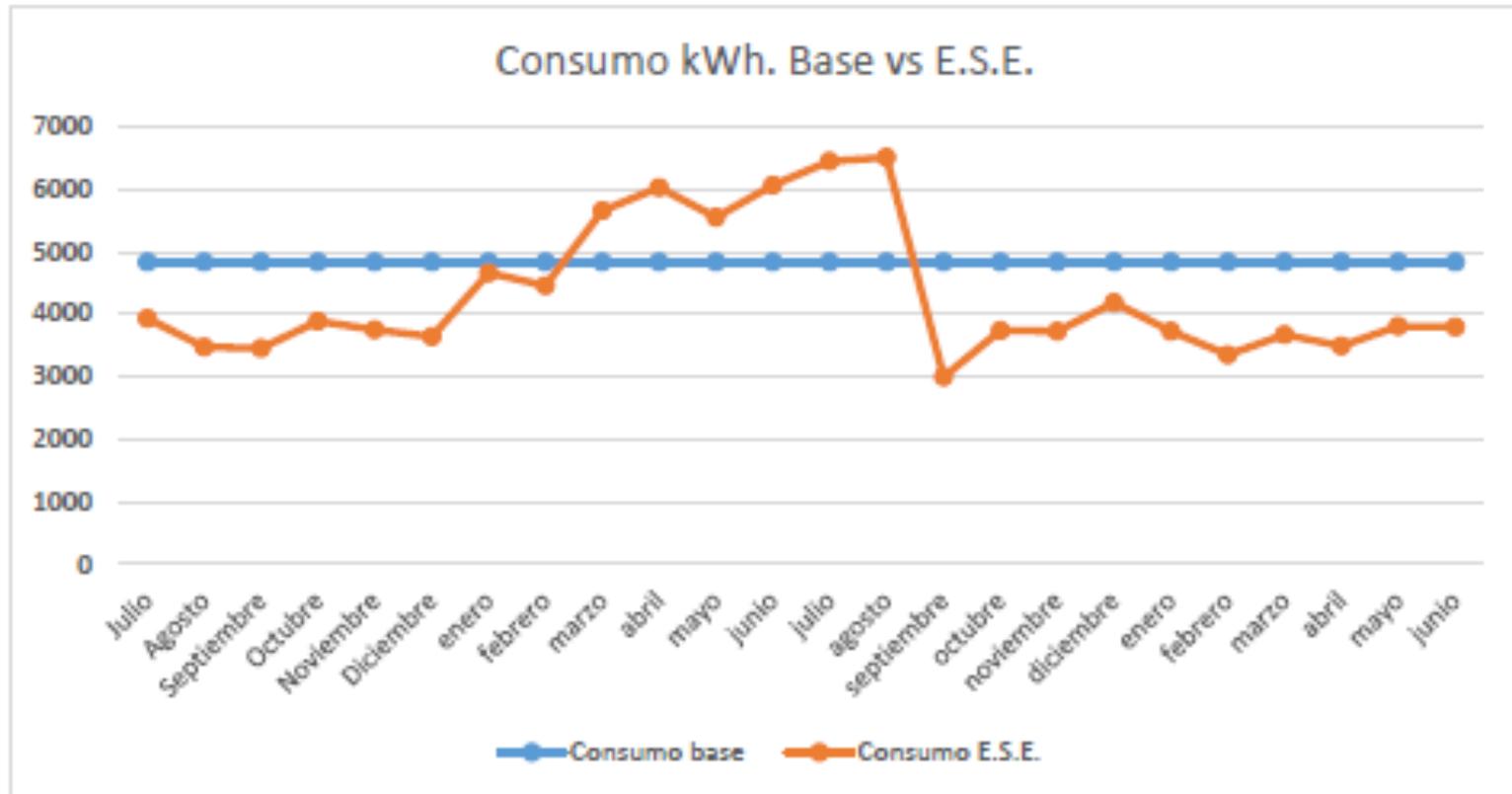


Tabla 34. Comparativa consumo base promedio pre-ESE vs ESE. L'Almassera

3. Evolución de consumos y costes

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	KWh	Kg CO2	KWh	Kg CO2	KWh	Kg CO2	KWh	Kg CO2	KWh	Kg CO2
B.19	927	602	1901	1233	2923	1805	3996	2407	5123	3008
B.21	927	602	1901	1233	2923	1805	3996	2407	5123	3008
B.23	927	602	1901	1233	2923	1805	3996	2407	5123	3008
Sótano	1025	665	2101	1364	3231	1996	4418	2661	5663	3326
TOTAL Previsión	3806	2470	7803	5064	11999	7411	16405	9881	21032	12351

Tabla 28. Previsiones totales reducción consumo kWh. L'Almassera

	Año 1		Año 2	
	KWh	Kg CO2	KWh	Kg CO2
B.19	2153	1397	2271	1474
B.21	-3326	-2159	-1722	-1118
B.23	176	114	338	219
Sótano	4446	2885	7680	4984
TOTAL Real	3449	2238	8567	5560

Tabla 29. Reducción real año I y II. L'Almassera

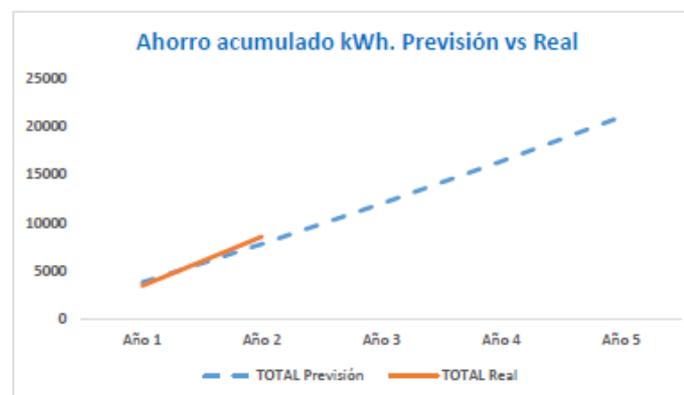


Tabla 31. Comparativa reducción previsión vs real en kWh. L'Almassera

3. Evolución de consumos y costes

- Evolución costes.
- Término potencia.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro Anual Acumulado previsto potencia contratada	1775,18	3550,36	5325,54	7100,72	8875,9
Ahorro Anual Acumulado real potencia contratada	1299,16	2848,32	-	-	-

Tabla 40. Previsión y obtenido sobre ahorro potencia contratada

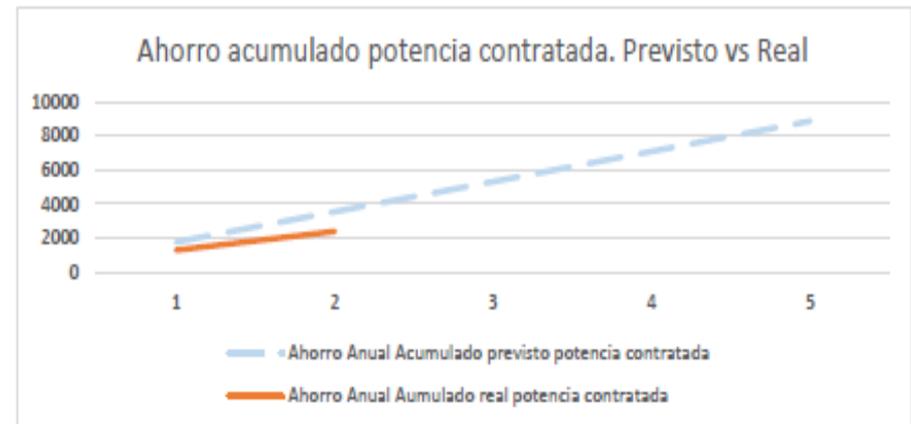


Tabla 41. Comparativa ahorro potencia contratada previsión vs real. L'Almassera

3. Evolución de consumos y costes

- Evolución costes.
- Término energía.

Coste base Energía	€/mes Pre- E.S.E.	€/mes Actual E.S.E.	Ahorro	% Ahoro
B. 19	145,75	90,22	55,53	38,10
B. 21	136,9	116,37	20,53	15,00
B. 23	150,38	100,36	50,03	33,27
Sótano	186,17	88,38	97,79	52,53

3. Evolución de consumos y costes

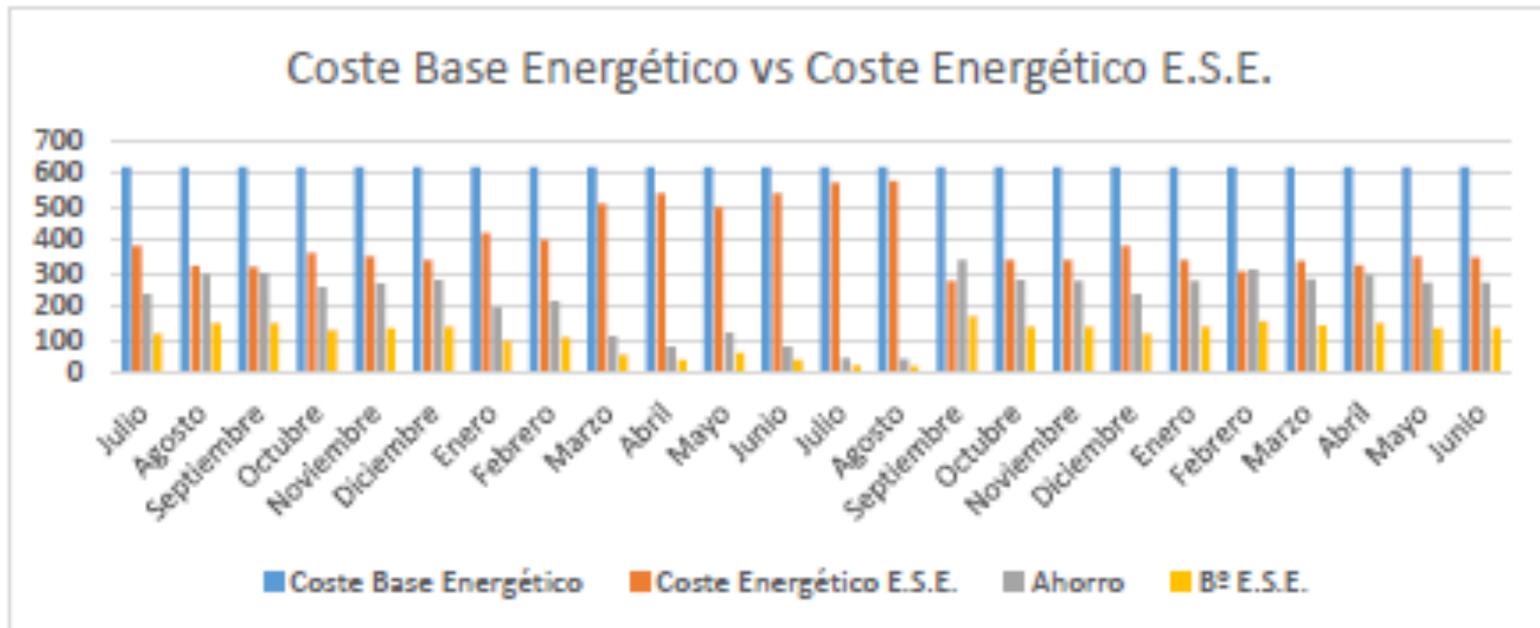


Tabla 61. Ahorro y beneficio coste base energía. L'Almassera

3. Evolución de consumos y costes

- Evolución costes.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	€/kWh	€/kWh	€/kWh	€/kWh	€/kWh
B.19	138,97	279,96	422,86	567,57	714,01
B.20	138,97	279,96	422,86	567,57	714,01
B.21	138,97	279,96	422,86	567,57	714,01
Sótano	335,93	693,28	1070,99	1468,04	1883,46
TOTAL					
Previsión	752,84	1.533,16	2.339,56	3.170,75	4.025,50

Tabla 63. Previsión ahorro €/kWh. L'Almassera

	Año 1	Año 2
Ahorro Anual	2.443,39 €	2.929,57 €
Ahorro Anual		
Ahorro Acumulado	2.443,39 €	5.372,96 €

Tabla 64. Ahorro real obtenido término energía. L'Almassera



Tabla 66. Comparación ahorro t.e. previsión vs real

3. Evolución de consumos y costes

- Evolución costes.
- Penalización reactiva.

	Coste Base €	Nuevo Coste Base €	Reducción €	Reducción %
BLOQUE 19	49,47	0,97	48,50	98,04
BLOQUE 21	47,41	0,79	46,62	98,32
BLOQUE 23	51,5	9,84	41,66	80,88
SÓTANO	82,12	5,98	76,14	92,72
TOTAL				
Penalización	230,5	17,59	212,91	92,37

Tabla 45. Comparativa reducción coste base penalización reactiva pre-ESE vs ESE.
L'Almassera

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro Anual					
Acumulado previsto reactiva	2765,97	5531,94	8297,91	11063,88	13829,85
Ahorro Anual					
Acumulado real reactiva	2637,23	5109,95			

Tabla 47. Previsión ahorro acumulado reactiva vs real. L'Almassera

3. Evolución de consumos y costes

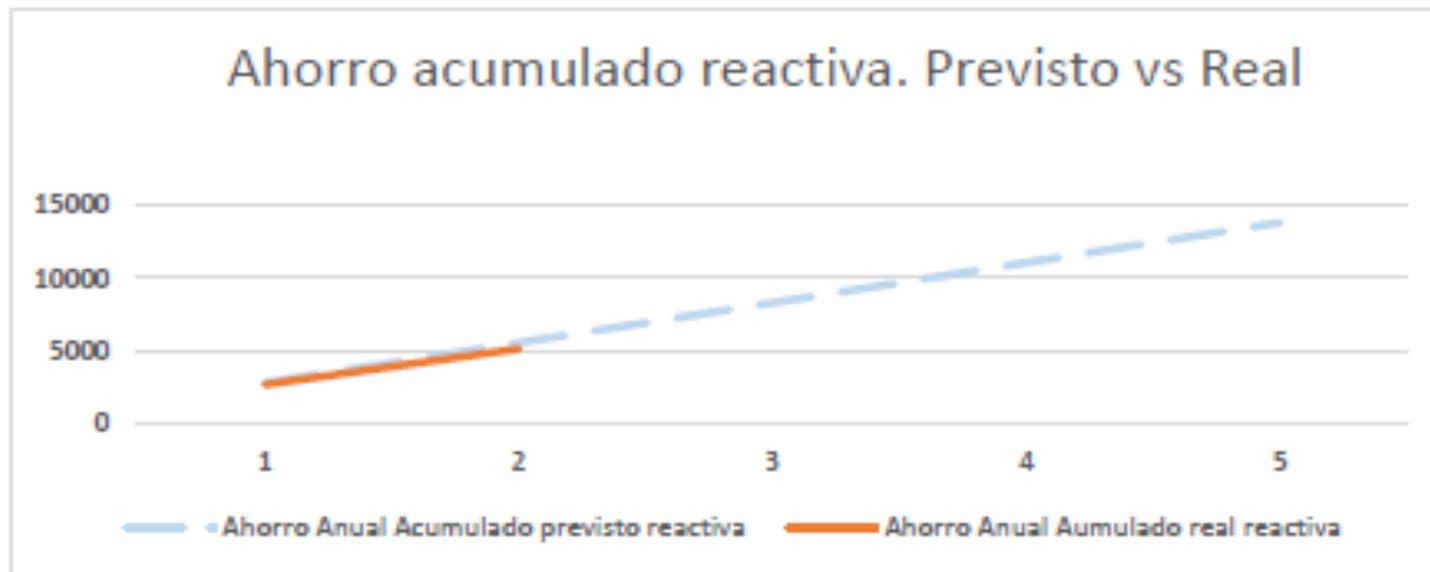


Tabla 48. Comparativa ahorro reactiva previsión vs real

4. INVERSIÓN, AHORRO Y BENEFICIO

- Resultado 2 años.

2 AÑOS	T.P.			Penalización reactiva			T.E.		
	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente
Almassera	0	1.424,16	1.424,16	403,88	2.151,09	2.334,97	1.478,55	1.207,93	2.686,48

Tabla 67. Resultados medidas de ahorro I. L'Almassera

2 AÑOS	TOTALES
Inversión	1.882,43
Bº E.S.E.	4.783,18
Ahorro cliente	6.665,61

Tabla 68. Resultados medidas de ahorro II. L'Almassera

4. INVERSIÓN, AHORRO Y BENEFICIO

- Resultado previsión 5 años

5 AÑOS	T.P.			Penalización reactiva			T.E.		
	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente	Inv.	Bº ESE	Ahorro cliente
Almassera	0	3.479,58	3.479,58	603,88	6.012,38	6.616,26	2.127,61	5.417,42	7.545,03

Tabla 69. Resultados previstos medidas de ahorro I. L'Almassera

5 AÑOS	TOTALES
Inversión	2.731,49
Bº E.S.E.	14.909,38
Ahorro cliente	17.640,87

Tabla 70. Resultados previstos medidas de ahorro II. L'Almassera

4. INVERSIÓN, AHORRO Y BENEFICIO

- Facturación.

mes	Gastos mes	Ingresos mes	Gastos acumulados	Ingresos acumulados	Diferencia
may-15	1.008,49 €	0,00 €	1.008,49 €	0,00 €	-1.008,49 €
jun-15	1.083,87 €	0,00 €	2.092,36 €	0,00 €	-2.092,36 €
jul-15	716,39 €	221,06 €	2.808,74 €	221,06 €	-2.587,68 €
ago-15	35,00 €	408,01 €	2.843,74 €	629,07 €	-2.214,67 €
sep-15	35,00 €	363,27 €	2.878,74 €	992,34 €	-1.886,40 €
oct-15	35,00 €	403,06 €	2.913,74 €	1.395,40 €	-1.518,34 €
nov-15	833,56 €	403,56 €	3.747,30 €	1.798,96 €	-1.948,34 €
dic-15	35,00 €	388,14 €	3.782,30 €	2.187,10 €	-1.595,20 €
ene-16	35,00 €	387,94 €	3.817,30 €	2.575,04 €	-1.242,26 €
feb-16	151,00 €	350,20 €	3.968,30 €	2.925,24 €	-1.043,06 €
mar-16	35,00 €	309,00 €	4.003,30 €	3.234,24 €	-769,06 €
abr-16	35,00 €	270,10 €	4.038,30 €	3.504,34 €	-533,96 €
may-16	35,00 €	264,39 €	4.073,30 €	3.768,73 €	-304,57 €
jun-16	70,00 €	254,68 €	4.143,30 €	4.023,41 €	-119,89 €
jul-16	35,00 €	266,82 €	4.178,30 €	4.290,23 €	111,93 €
ago-16	35,00 €	257,69 €	4.213,30 €	4.547,92 €	334,62 €
sep-16	35,00 €	411,03 €	4.248,30 €	4.958,95 €	710,65 €
oct-16	35,00 €	410,31 €	4.283,30 €	5.369,26 €	1.085,96 €
nov-16	35,00 €	345,13 €	4.318,30 €	5.714,39 €	1.396,09 €
dic-16	35,00 €	384,77 €	4.353,30 €	6.099,16 €	1.745,86 €
ene-17	480,39 €	394,99 €	4.833,69 €	6.494,15 €	1.660,46 €
feb-17	35,00 €	422,41 €	4.868,69 €	6.916,56 €	2.047,87 €
mar-17	35,00 €	349,65 €	4.903,69 €	7.266,21 €	2.362,52 €
abr-17	35,00 €	448,74 €	4.938,69 €	7.714,95 €	2.776,26 €
may-17	35,00 €	398,84 €	4.973,69 €	8.113,79 €	3.140,10 €
jun-17	35,00 €	458,33 €	5.008,69 €	8.572,12 €	3.563,43 €

- Resultados.

- 2 años (real)

Ingresos E.S.E.: 8.572,12 €

Ahorro cliente: 8.572,12 €

Costes e inversión: 5.008,2 €

Beneficio Neto E.S.E.: 3.563,92 €

- 5 años (previsión)

Ingresos E.S.E.: 23.583,12 €

Ahorro cliente: 23.583,12 €

Costes e inversión: 8.199,18 €

Beneficio Neto E.S.E.: 15.383,94 €

Tabla 83. Datos reales facturación e inversión. L'Almassera

4. INVERSIÓN, AHORRO Y BENEFICIO

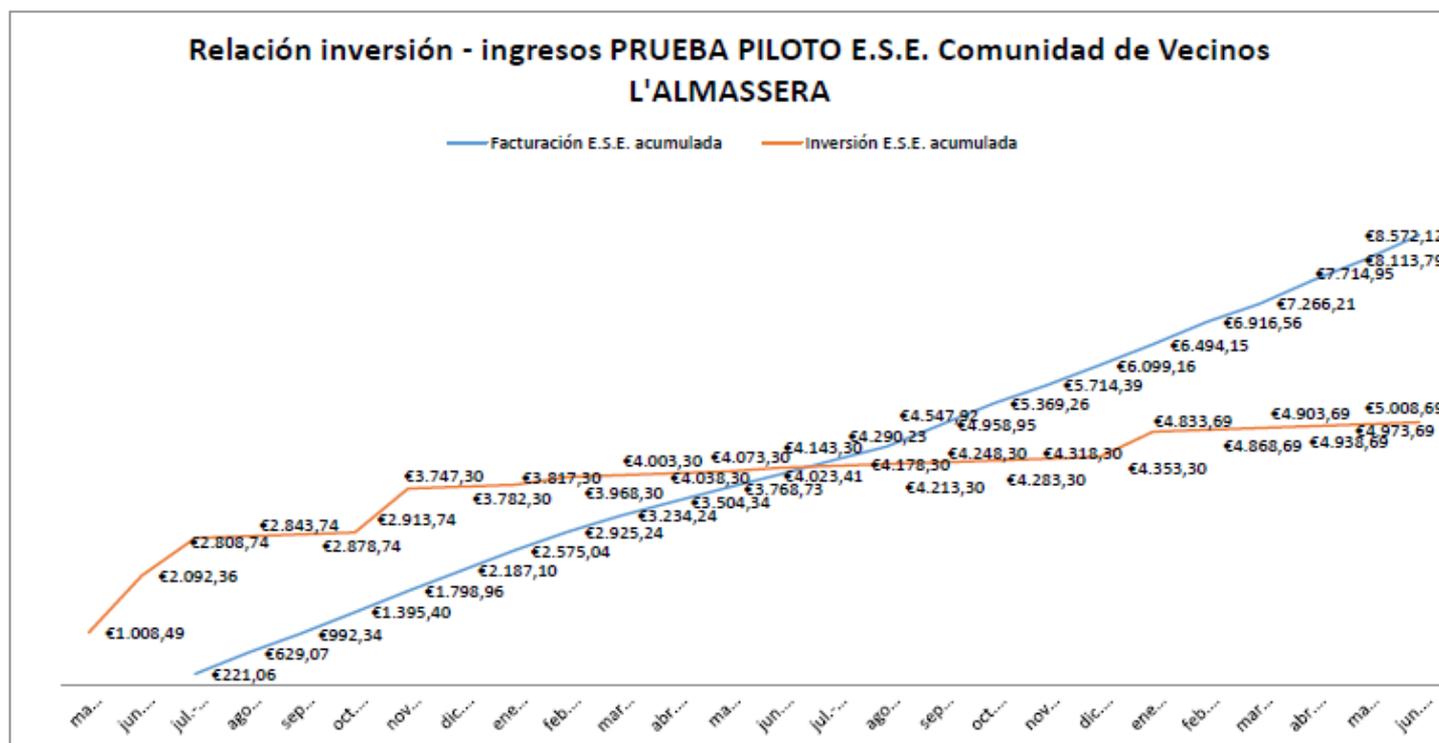


Tabla 84. Relación inversión vs ingresos. L'Almassera

5. CONCLUSIONES

La línea de negocio estudiada en el presente TFG resulta rentable.

La amortización de la inversión inicial se recupera el primer año.

Se prevé que este proyecto otorgue un beneficio a la empresa de servicios energéticos por valor de 15.383, 94 € y un ahorro al cliente por valor de 23.583, 12 € al finalizar el contrato de 5 años.

Se ha reducido el consumo de energía en 8.567 kWh y se ha dejado de emitir 5560 Kg CO₂ en los dos primeros años.