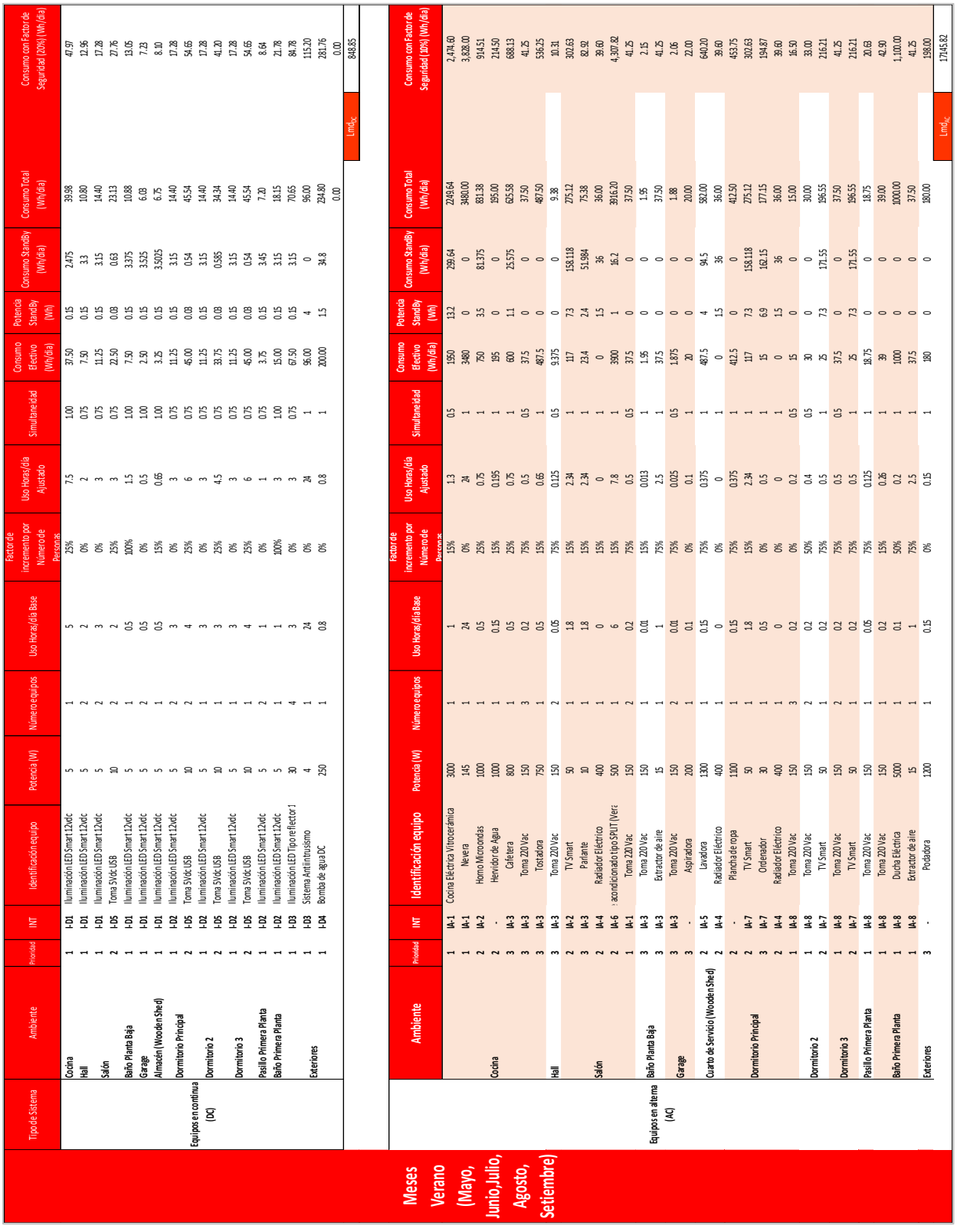
1. Anexos

1.1. Cálculos de dimensionamiento y energía producida



Meses Verano (Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre)	Tipo de Sistema	Ambiente	Prioridad	INT	Identificación equipo	Potencia (W)	Número equipos	Uso Horas/día Base	Factor de incremento por Número de Personas	Uso Horas/día Ajustado	Simultaneidad	Consumo Efectivo (Wh/día)	Potencia StandBy (Wh)	Consumo StandBy (Wh/día)	Consumo Total (Wh/día)	Consumo con Factor de Seguridad [20%] (Wh/día)
	Equipos en continua (DC)	Cocina	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	5	25%	7.5	1.00	37.50	0.15	2.475	39.98	47.97
		Hall	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	2	0%	2	0.75	7.50	0.15	3.3	10.80	12.96
		Salón	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	3	0%	3	0.75	11.25	0.15	3.15	14.40	17.28
		Baño Planta Baja	2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	2	2	25%	3	0.75	22.50	0.03	0.63	23.13	27.76
		Garage	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	0.5	100%	1.5	1.00	7.50	0.15	3.375	10.88	13.05
		Almacén (Wooden Shed)	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	0.5	0%	0.5	1.00	2.50	0.15	3.525	6.03	7.23
		Dormitorio Principal	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	0.5	15%	0.66	1.00	3.25	0.15	3.5025	6.75	8.10
			1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	3	0%	3	0.75	11.25	0.15	3.15	14.40	17.28
			2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	2	4	25%	6	0.75	45.00	0.03	0.54	45.54	54.65
		Dormitorio 2	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	3	0%	3	0.75	11.25	0.15	3.15	14.40	17.28
			2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	1	3	25%	4.5	0.75	33.75	0.03	0.585	34.34	41.20
		Dormitorio 3	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	3	0%	3	0.75	11.25	0.15	3.15	14.40	17.28
			2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	1	4	25%	6	0.75	45.00	0.03	0.54	45.54	54.65
		Pasillo Primera Planta	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	1	0%	1	0.75	3.75	0.15	3.45	7.20	8.64
		Baño Primera Planta	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	1	100%	3	1.00	15.00	0.15	3.15	18.15	21.78
			1	I-D3	Iluminación LED Tipo reflector 1	30	4	3	0%	3	0.75	67.50	0.15	3.15	70.65	84.78
		Exteriores	1	I-D3	Sistema Antiintrusismo	4	1	24	0%	24	1	96.00	4	0	96.00	115.20
			1	I-D4	Bomba de agua DC	250	1	0.8	0%	0.8	1	200.00	1.5	34.8	234.80	281.76
															0.00	0.00
															Lmd_{DC}	848.85
	Equipos en alterna (AC)	Cocina	1	IA-1	Cocina Eléctrica Vitrocerámica	3000	1	1	15%	1.3	0.5	1950	13.2	299.64	2249.64	2,474.60
			1	IA-1	Nevera	145	1	24	0%	24	1	3480	0	0	3480.00	3,828.00
			2	IA-2	Horno Microondas	1000	1	0.5	25%	0.75	1	750	3.5	81.375	831.38	914.51
			2	-	Hervidor de Agua	1000	1	0.15	15%	0.195	1	195	0	0	195.00	214.50
			3	IA-3	Cafetera	800	1	0.5	25%	0.75	1	600	1.1	25.575	625.58	688.13
			3	IA-3	Toma 220 Vac	150	3	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
			3	IA-3	Tostadora	750	1	0.5	15%	0.65	1	487.5	0	0	487.50	536.25
		Hall	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	2	0.05	75%	0.125	0.5	9.375	0	0	9.38	10.31
			2	IA-2	TV Smart	50	1	1.8	15%	2.34	1	117	7.3	158.118	275.12	302.63
			3	IA-3	Parlante	10	1	1.8	15%	2.34	1	23.4	2.4	51.984	75.38	82.92
		Salón	2	IA-4	Radiador Eléctrico	400	1	0	15%	0	1	0	1.5	36	36.00	39.60
			2	IA-6	Acondicionado tipo SPLIT (Verano)	500	1	6	15%	7.8	1	3900	1	16.2	3916.20	4,307.82
			1	IA-1	Toma 220 Vac	150	2	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
		Baño Planta Baja	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	1	0.01	15%	0.013	1	1.95	0	0	1.95	2.15
			3	IA-3	Extractor de aire	15	1	1	75%	2.5	1	37.5	0	0	37.50	41.25
		Garage	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	2	0.01	75%	0.025	0.5	1.875	0	0	1.88	2.06
			3	-	Aspiradora	200	1	0.1	0%	0.1	1	20	0	0	20.00	22.00
		Cuarto de servicio (Wooden Shed)	2	IA-5	Lavadora	1300	1	0.15	75%	0.375	1	487.5	4	94.5	582.00	640.20
			2	IA-4	Radiador Eléctrico	400	1	0	0%	0	1	0	1.5	36	36.00	39.60
			2	-	Plancha de ropa	1100	1	0.15	75%	0.375	1	412.5	0	0	412.50	453.75
		Dormitorio Principal	2	IA-7	TV Smart	50	1	1.8	15%	2.34	1	117	7.3	158.118	275.12	302.63
			3	IA-7	Ordenador	30	1	0.5	0%	0.5	1	15	6.9	162.15	177.15	194.87
			2	IA-4	Radiador Eléctrico	400	1	0	0%	0	1	0	1.5	36	36.00	39.60
			1	IA-8	Toma 220 Vac	150	3	0.2	0%	0.2	0.5	15	0	0	15.00	16.50
		Dormitorio 2	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	2	0.2	50%	0.4	0.5	30	0	0	30.00	33.00
			2	IA-7	TV Smart	50	1	0.2	75%	0.5	1	25	7.3	171.55	196.55	216.21
		Dormitorio 3	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	2	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
			2	IA-7	TV Smart	50	1	0.2	75%	0.5	1	25	7.3	171.55	196.55	216.21
		Pasillo Primera Planta	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	1	0.05	75%	0.125	1	18.75	0	0	18.75	20.63
			1	IA-8	Toma 220 Vac	150	1	0.2	15%	0.26	1	39	0	0	39.00	42.90
		Baño Primera Planta	1	IA-8	Ducha Eléctrica	5000	1	0.1	50%	0.2	1	1000	0	0	1000.00	1,100.00
			1	IA-8	Extractor de aire	15	1	1	75%	2.5	1	37.5	0	0	37.50	41.25
		Exteriores	3	-	Podadora	1200	1	0.15	0%	0.15	1	180	0	0	180.00	198.00
															Lmd_{AC}	17145.82

Tabla 1. Consumo de equipos en verano.

Meses Invierno (Octubre, Noviembre ,Diciembre, Enero,Febrero,Marzo, Abril)

Tipo de Sistema	Ambiente	Prioridad	INT	Identificación equipo	Potencia (W)	Número equipos	Uso Horas/día Base	Factor de incremento por Número de Personas	Uso Horas/día Ajustado	Simultaneidad	Consumo Efectivo (Wh/día)	Potencia StandBy (Wh)	Consumo StandBy (Wh/día)	Consumo Total (Wh/día)	Consumo con Factor de Seguridad (20%) (Wh/día)
Equipos en continua (DC)	Cocina	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	7	25%	10.5	1.00	52.50	0.15	2.025	54.53	65.43
	Hall	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	3	0%	3	0.75	11.25	0.15	3.15	14.40	17.28
	Salón	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	5	0%	5	0.75	18.75	0.15	2.85	21.60	25.92
		2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	2	2	25%	3	0.75	22.50	0.03	0.63	23.13	27.76
	Baño Planta Baja	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	1	100%	3	1.00	15.00	0.15	3.15	18.15	21.78
	Garage	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	1	0%	1	1.00	5.00	0.15	3.45	8.45	10.14
	Almacén (Wooden Shed)	1	I-D1	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	1	15%	1.3	1.00	6.50	0.15	3.405	9.91	11.89
	Dormitorio Principal	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	4	0%	4	0.75	15.00	0.15	3	18.00	21.60
		2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	2	4	25%	6	0.75	45.00	0.03	0.54	45.54	54.65
	Dormitorio 2	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	4	0%	4	0.75	15.00	0.15	3	18.00	21.60
		2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	1	4	25%	6	0.75	45.00	0.03	0.54	45.54	54.65
	Dormitorio 3	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	4	0%	4	0.75	15.00	0.15	3	18.00	21.60
		2	I-D5	Toma 5Vdc USB	10	1	4	25%	6	0.75	45.00	0.03	0.54	45.54	54.65
	Pasillo Primera Planta	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	2	2	0%	2	0.75	7.50	0.15	3.3	10.80	12.96
	Baño Primera Planta	1	I-D2	Iluminación LED Smart 12vdc	5	1	2	100%	6	1.00	30.00	0.15	2.7	32.70	39.24
		1	I-D3	Iluminación LED Tipo reflector 1	30	4	6	0%	6	0.75	135.00	0.15	2.7	137.70	165.24
	Exteriores	1	I-D3	Sistema Antiintrusismo	4	1	24	0%	24	1	96.00	4	0	96.00	115.20
		1	I-D4	Bomba de agua DC	250	1	0.8	0%	0.8	1	200.00	1.5	34.8	234.80	281.76
														0.00	0.00
														Lmd_{DC}	1023.34

Tipo de Sistema	Ambiente	Prioridad	INT	Identificación equipo	Potencia (W)	Número equipos	Uso Horas/día Base	Factor de incremento por Número de Personas	Uso Horas/día Ajustado	Simultaneidad	Consumo Efectivo (Wh/día)	Potencia StandBy (Wh)	Consumo StandBy (Wh/día)	Consumo Total (Wh/día)	Consumo con Factor de Seguridad (10%) (Wh/día)
Equipos en alterna (AC)	Cocina	1	IA-1	Cocina Eléctrica Vitrocerámica	1000	1	1.5	15%	1.95	1	1950	13.2	291.06	2241.06	2,465.17
		1	IA-1	Nevera	200	1	24	0%	24	1	4800	0	0	4800.00	5,280.00
		2	IA-2	Horno Microondas	1000	1	0.5	25%	0.75	1	750	3.5	81.375	831.38	914.51
		2	-	Hervidor de Agua	1000	1	0.15	15%	0.195	1	195	0	0	195.00	214.50
		3	IA-3	Cafetera	800	1	0.5	25%	0.75	1	600	1.1	25.575	625.58	688.13
		3	IA-3	Toma 220 Vac	150	3	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
		3	IA-3	Tostadora	750	1	0.5	15%	0.65	1	487.5	0	0	487.50	536.25
	Hall	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	2	0.05	75%	0.125	0.5	9.375	0	0	9.38	10.31
	Salón	2	IA-2	TV Smart	50	1	2	15%	2.6	1	130	7.3	156.22	286.22	314.84
		3	IA-3	Parlante	10	1	2	15%	2.6	1	26	2.4	51.36	77.36	85.10
		2	IA-4	Toma 220 Vac	150	2	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
		2	IA-6	acondicionado tipo Split (Invier	370	1	2	50%	4	1	1480	1	20	1500.00	1,650.00
		1	IA-1	Radiador Eléctrico	400	1	3	15%	3.9	1	1560	1.5	30.15	1590.15	1,749.17
	Baño Planta Baja	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	1	0.01	15%	0.013	1	1.95	0	0	1.95	2.15
		3	IA-3	Extractor de aire	15	1	1	75%	2.5	1	37.5	0	0	37.50	41.25
	Garage	3	IA-3	Toma 220 Vac	150	2	0.01	75%	0.025	0.5	1.875	0	0	1.88	2.06
		3	-	Aspiradora	200	1	0.1	0%	0.1	1	20	0	0	20.00	22.00
	Cuarto de Servicio (Wooden Shed)	2	IA-5	Lavadora	1300	1	0.15	75%	0.375	1	487.5	4	94.5	582.00	640.20
		2	IA-4	Radiador Eléctrico	400	1	0.5	15%	0.65	1	260	1.5	35.025	295.03	324.53
	Dormitorio Principal	2	-	Plancha de ropa	1100	1	0.15	75%	0.375	1	412.5	0	0	412.50	453.75
		2	IA-7	TV Smart	50	1	2	15%	2.6	1	130	7.3	156.22	286.22	314.84
		3	IA-7	Ordenador	30	1	2	0%	2	1	60	6.9	151.8	211.80	232.98
		2	IA-4	Radiador Eléctrico	400	1	4	15%	5.2	1	2080	1.5	28.2	2108.20	2,319.02
		1	IA-8	Toma 220 Vac	150	3	0.2	0%	0.2	0.5	15	0	0	15.00	16.50
	Dormitorio 2	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	2	0.2	50%	0.4	0.5	30	0	0	30.00	33.00
		2	IA-7	TV Smart	50	1	0.2	75%	0.5	1	25	7.3	171.55	196.55	216.21
	Dormitorio 3	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	2	0.2	75%	0.5	0.5	37.5	0	0	37.50	41.25
		2	IA-7	TV Smart	50	1	0.2	75%	0.5	1	25	7.3	171.55	196.55	216.21
	Pasillo Primera Planta	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	1	0.05	75%	0.125	1	18.75	0	0	18.75	20.63
	Baño Primera Planta	1	IA-8	Toma 220 Vac	150	1	0.2	15%	0.26	1	39	0	0	39.00	42.90
		1	IA-8	Ducha Eléctrica	5000	1	0.2	75%	0.5	1	2500	0	0	2500.00	2,750.00
		1	IA-8	Extractor de aire	15	1	1	75%	2.5	1	37.5	0	0	37.50	41.25
	Exteriores	3	-	Podadora	1200	1	0.15	0%	0.15	1	180	0	0	180.00	198.00
														Lmd_{AC}	21919.19

Tabla 2. Consumo de equipos en invierno.

Consumo Total Anual = $Lmd_{TOTALINVIERNO}$ + $Lmd_{TOTALVERANO}$

Consumo TOTAL anual (LT)	8,868,207.4	Wh/año
	8868.207387	KWh/año
Consumo medio diario Anual = Consumo total Anual / 365		
Consumo medio anual (Lma = LT/365)	24296.4586	Wh/día
	24.2965	KWh/día

Mes	Mes	Tipo Consumo	Dias	Consumo medio Diario(Wh/día)	Consumo TOTAL mensual (Wh/mes)
Enero	Enero	Invierno	31	26713.6736	828,123.881
Febrero	Febrero	Invierno	28	26713.6736	747,982.860
Marzo	Marzo	Invierno	31	26713.6736	828,123.881
Abril	Abril	Invierno	30	26713.6736	801,410.207
Mayo	Mayo	Verano	31	20947.1150	649,360.564
Junio	Junio	Verano	30	20947.1150	628,413.449
Julio	Julio	Verano	31	20947.1150	649,360.564
Agosto	Agosto	Verano	31	20947.1150	649,360.564
Setiembre	Setiembre	Verano	30	20947.1150	628,413.449
Octubre	Octubre	Invierno	31	26713.6736	828,123.881
Noviembre	Noviembre	Invierno	30	26713.6736	801,410.207
Diciembre	Diciembre	Invierno	31	26713.6736	828,123.881
					8,868,207.387
	LmdTOTALINVIERNO			5663298.7963	
	LmdTOTAL VERANO			3204908.5905	

Tabla 3. Cálculo del consumo total.

TABLA DE IRRADIANCIA MEDIA MENSUAL GD - Estas unidades están en KWh/m2/dia														
ıs	0º	10º	20º	30				40º	50º	60º	I_{MD}: Consumo medio Diario(Wh/día)	Consumo medio Diario(KWh/día)		
e	2.718	3.391	3.974	Ene	4.455		Ene	4.837	5.058	5.158	26,713.67	26.7137		
b	3.824	4.245	4.751	Feb	5.142		Feb	5.405	5.530	5.511	26,713.67	26.7137		
ar	5.408	5.910	6.338	Mar	6.610		Mar	6.716	6.646	6.415	26,713.67	26.7137		
ır	6.864	7.449	7.674	Abr	7.731		Abr	7.558	7.217	6.691	26,713.67	26.7137		
ıy	6.477	6.832	6.798	May	6.611		May	6.286	5.822	5.226	20,947.11	20.9471		
n	6.918	6.852	6.704	Jun	6.405		Jun	5.982	5.435	4.765	20,947.11	20.9471		
l	7.866	8.012	7.900	Jul	7.602		Jul	7.149	6.524	5.742	20,947.11	20.9471		
o	6.652	7.675	7.786	Ago	7.713		Ago	7.453	7.006	6.382	20,947.11	20.9471		
p	5.453	5.910	6.232	Sep	6.408		Sep	6.430	6.294	6.002	20,947.11	20.9471		
:t	3.945	4.380	4.785	Oct	5.075		Oct	5.245	5.282	5.185	26,713.67	26.7137		
ıv	2.898	3.634	4.196	Nov	4.653		Nov	4.990	5.186	5.264	26,713.67	26.7137		
c	2.371	2.933	3.465	Dic	3.909		Dic	4.252	4.482	4.592	26,713.67	26.7137		
anual	5.116	5.602	5.884		6.026			6.025	5.874	5.578				

Tabla 4. Irradiancia media mensual.

L_{md} / G_d (Wp)

Dividimos el LMD de cada mes entre el GD de cada mes para cada grado de inclinación. Por ejemplo LMD de Enero es 3303,985, valor que dividimos entre 2,807 (multiplicado por 1000 para llevarlo de kW a W) y nos resulta 1,177.

Mes	Lmd/Gd (kWp)									60° tiene el menor valor, por lo que 20° es el β optimo	
	0º	10º	20º		30°			40º	50º	60º	
Ene	9.827	7.878	6.723		5.996			5.523	5.282	5.179	46.407
Feb	6.986	6.292	5.623		5.195			4.942	4.831	4.847	38.717
Mar	4.940	4.520	4.215		4.041			3.977	4.020	4.164	29.877
Abr	3.892	3.586	3.481		3.455			3.534	3.701	3.992	25.643
May	3.234	3.066	3.081		3.168			3.332	3.598	4.008	23.488
Jun	3.0279	3.057	3.1244		3.270			3.5019	3.8539	4.3957	24.231
Jul	2.663	2.614	2.652		2.756			2.930	3.211	3.648	20.473
Ago	3.1489	2.7293	2.690		2.7157			2.8105	2.9900	3.2823	20.367
Sep	3.842	3.545	3.361		3.269			3.258	3.328	3.490	24.092
Oct	6.771	6.099	5.583		5.263			5.093	5.058	5.153	39.019
Nov	9.218	7.350	6.367		5.741			5.353	5.151	5.074	44.255
Dic	11.265	9.108	7.710		6.833			6.282	5.960	5.817	52.976 MES CRITICO

Tabla 5. Cálculo de mes óptimo mediante método de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y submétodo Mes Peor (Crítico)

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

Mes	Lmd (Wh/día)	Vbat (V)	Qah= Lmd/Vbat (Ah/dia)
Ene	26713.6736	48	556.5349
Feb	26713.6736	48	556.5349
Mar	26713.6736	48	556.5349
Abr	26713.6736	48	556.5349
May	20947.1150	48	436.3982
Jun	20947.1150	48	436.3982
Jul	20947.1150	48	436.3982
Ago	20947.1150	48	436.3982
Sep	20947.1150	48	436.3982
Oct	26713.6736	48	556.5349
Nov	26713.6736	48	556.5349
Dic	26713.6736	48	556.5349

Tabla 6. Cálculo de mes óptimo mediante método de Amperios Hora y submétodo Mes Peor (Crítico), parte 1.

$$I_{GFV,MPP,STC} = \frac{Q_{Ah}}{G_d}$$

Mes	$I_{GFV,MPP,STC}$ (Ah/kWh/m²)												60° tiene el menor valor, por lo que 20° es el β optimo
	0º	10º	20º			30°				40º	50º	60º	
Ene	204.7298	164.1227	140.0599			124.9101				115.0556	110.0362	107.8961	966.8104
Feb	145.5401	131.0926	117.1388			108.2301				102.9667	100.6457	100.9849	806.5989
Mar	102.9083	94.1632	87.8128			84.1959				82.8614	83.7423	86.7531	622.4370
Abr	81.0763	74.7160	72.5221			71.9843				73.6352	77.1144	83.1725	534.2210
May	67.3722	63.8792	64.1975			66.0080				69.4224	74.9534	83.5031	489.3360
Jun	63.0816	63.6861	65.0920			68.1340				72.9560	80.2891	91.5777	504.8164
Jul	55.4781	54.4663	55.2425			57.4086				61.0430	66.8892	76.0019	426.5298
Ago	65.6015	56.8609	56.0458			56.5779				58.5516	62.2909	68.3802	424.3089
Sep	80.0339	73.8448	70.0254			68.0986				67.8656	69.3319	72.7128	501.9130
Oct	141.0562	127.0721	116.3043			109.6516				106.0979	105.3657	107.3456	812.8934
Nov	192.0410	153.1326	132.6452			119.6078				111.5226	107.3080	105.7187	921.9757
Dic	234.6971	189.7556	160.6236			142.3598				130.8798	124.1639	121.1898	1103.6696

Tabla 7. Cálculo de mes óptimo mediante método de Amperios Hora y submétodo Mes Peor (Crítico), parte 2.

Recordamos :

Consumo TOTAL anual (LT) — 8868207.387 Wh/año — 8868.207 KWh/año

Consumo medio diario Anual = Consumo total Anual / 365

Consumo medio anual (Lma) — 24296.45859 Wh/día — 24.29646 KWh/día

LmdTOTALINVIERNO	5663298.7963
LmdTOTAL VERANO	3204908.5905
LmdTOTAL STANDBY	0.0000

lo que estoy haciendo aca es multiplicar los Lmd diarios de cada tipo de mes por el número de días, por ejemplo ,en invierno el Lmd es 3551,78 esto multiplicado por los dias de los meses de invierno (31+31+31+30) nos da LmdTotal Invierno que seria 436860,54 Wh/dia

Media	GDGLOBAL (KWh/m2/dia)											
	0º	10º			20º				30°	40º	50º	60º
	5.116	5.602			5.884				6.026	6.025	5.874	5.578

Cociente consumo medio anual y radiación global media para distintas inclinaciones

Media Anual	Lma /Gd (KWh/m2/dia)							60° tiene el menor valor, por lo que 60° es el β optimo
	0º	10º	20°		30°	40º	50º	60º
	4.7488	4.3372	4.1296		4.0317	4.0323	4.1366	4.3559

Tabla 8. Cálculo de mes óptimo mediante método de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y submétodo Máxima captación anual (media anual)

$$Q_{Ah} = \frac{L_{ma}}{V_{BAT}}$$

$$I_{GFV,MPP,STC} = \frac{Q_{Ah}}{G_d}$$

Media	GDGLOBAL (KWh/m2/dia)											
	0º	10º			20º				30º	40º	50º	60º
	5.116	5.602			5.884				6.026	6.025	5.874	5.578

Consumo medio anual (Lma)	24296.45859	Wh/dia
	24.29646	KWh/día
Qah = Lma/Vbat	1012.3524	Ah/día

Media Anual	IGFV,MPP,STC = Qah/Gd						
	0º	10º	20º	30º	40º	50º	60º
	197.8669	180.7155	172.0658	167.9875	168.0137	172.3577	181.4964

Tabla 9. Cálculo de mes óptimo mediante método de Amperios Hora y submétodo Máxima captación anual (media anual)

$$N_T = \frac{L_{mdc}}{(P_{MPP,STC} \cdot G_d \cdot PR)}$$

- L_{mcd}: consumo medio diario mensual para el mes crítico (Wh/día).
- P_{MPP}: potencia pico del módulo en condiciones STC (W_p/kW/m²).
- G_d: radiación global a la inclinación del sistema (kWh/m²).
- *PR:* rendimiento del generador (0,65-0,90).

Lmcd	26713.6736	Wh/día	*Consumo medio diaro de mes peor (Agosto)*
Gd	4.592	KWh/m2/dia	*Hora Pico solar para el més critico (Agosto a 20°)*
P_{MPP}	400	WP/kW/m2	*Dato de actividad*
P_R	0.85		

N_T	17.1091	18	Paneles en total (redondeo superior)

Ns=Vbat/Vp	Fórmula de número de paneles en serie		
Vbat	48	V	
$V_{p(VMOD,MPP)}$	31.05	V	
Ns	1.5459	2	Paneles en serie (redondeo superior)

Fórmula de número de paneles en paralelo		
Np	9.0	*Se corrobora: 11*2 = 22*

Figura 1. Cálculo de número de paneles para método de seguimiento de máxima potencia submétodo mes crítico

Figura 2. Cálculo de número de paneles para método de amperios hora a submétodo mes crítico.

Pasamos ahora al cálculo de las baterías recordando que los dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía (Fuente: Manual Sunfields)

Profundidad de descarga máxima estacional	0.650
Profundida de descarga máxima diaria	0.350
Número de días de autonomía	1.10

Calculamos entonces ahora la capacidad nominal necesaria de las baterías en función de la profundidad de descarga estacional y diaria. La mayor de ellas será la que seleccionemos, pues de lo contrario podríamos incurrir en una insuficiencia estacional o diaria. (Fuente: Manual Sunfields).

Capacidad nominal de la gatería en funcion de la descarga maxima diaria

Cnd (Wh)	76324.7816	Wh
Cnd (Ah)	1590.0996	Ah

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md}}{P_{D\,max,d} \bullet F_{CT}}$$

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{BAT}}$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga maxima estacional

Cnd (Wh)	45207.7553	Wh
Cnd (Ah)	882.447	Ah

$$C_{ne}(Wh) = \frac{L_{md} \bullet N}{P_{D\,max,e} \bullet F_{CT}}$$

$$C_{ne}(Ah) = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_{BAT}}$$

El máximo valor sería **744,923 Ah** que tendría que tener nuestro banco de baterías, por ejemplo para baterias de 48V y 450Ah necesitariamos por lo menos **2 Módulos de 6 baterias (12 baterias)**

Figura 3. Dimensionamiento de la Batería para el submétodo de mes crítico (mes peor).

Para calcular la corriente de entrada al regulador hacemos el producto corriente de cortocircuito de un módulo, y multiplicamos por el número de las ramas (la corriente de cada rama en paralelo será aproximadamente la misma) en paralelo calculado anteriormente:

ImodSC	13.780	A
Np (del metodo amperios hora)	12.000	
$I_{entrada}$	206.700	A

$$I_{entrada} = 1{,}25 \bullet I_{MOD,SC} \bullet N_P$$

Para el cálculo de la corriente de salida valoramos las potencias de las cargas DC y AC del mes critico (Agosto)

P_{DC}	379.000	W	Suma solo potencias
P_{AC}	18965.000	W	Suma solo potencias
Ninv	0.9		
Vbat	48.0	v	
Isalida	558.6	A	Se selecciona esta corriente para dimensionar el regulador

$$I_{salida} = \frac{1{,}25 \bullet (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta inv})}{V_{BAT}}$$



Figura 4. Dimensionamiento del Regulador ($I_{entrada}$ varía dependiendo del submétodo pero I_{salida} no varía ya que depende de la potencia instalada).

Por último, para el cálculo del inversor, únicamente hemos de calcular la suma de las potencias de las cargas de alterna.

Pinv	17068.5	w
PAC corregida 0,75	14223.8	w

$$P_{inv} = 1{,}2 \bullet P_{AC}$$

Figura 5. Dimensionamiento del Inversor (Este cálculo no varía si es mes critico o media anual).

El número total de módulos fotovoltaicos se obtendrá por la expresión:

$$N_T = \frac{L_{ma}}{(P_{MPP;STC} \cdot G_d \cdot PR)}$$

- L_{ma}: consumo medio diario anual (Wh/día).

Lma	24296.46	Wh/día		
Gd	6.03	KWh/m2/dia	Hora Pico solar para el més critico (Agosto a 20°)	
P_{MPP}	110	WP/kW/m2	Dato de actividad	
PR	0.75			
NT	48.88		10	paneles totales redondeando
Ns=Vbat/Vp				
Vbat	24.00	v		
$V_{p(VMOD,MPP)}$	17.40			
Ns	1.38		2	paneles en serie redondeando
Np = Nt/Ns			5	ramas en paralelo redondeando

*Se corrobora que 5*2=10*

Figura 6. Cálculo de número de paneles para método de seguimiento de máxima potencia submétodo máxima captación anual (media anual).

Para calcular la corriente de entrada al regulador hacemos el producto corriente de cortocircuito de un módulo, y multiplicamos por el número de las ramas (la corriente de cada rama en paralelo será aproximadamente la misma) en paralelo calculado anteriormente:

ImodSC	13,780	A
Np (del metodo amperios hora)	12,000	
$I_{entrada}$	206,700	A

$$I_{entrada} = 1{,}25 \bullet I_{MOD,SC} \bullet N_P$$

Para el cálculo de la corriente de salida valoramos las potencias de las cargas DC y AC del mes critico (Agosto)

P_{DC}	379,000	W	Suma solo potencias
P_{AC}	18965,000	W	Suma solo potencias
Ninv	0,9		
Vbat	48,0	v	
Isalida	558,6	A	Se selecciona esta corriente para dimensionar el regulador; se requieen 6 Und del modelo Victron MPPT 150|100

$$I_{salida} = \frac{1{,}25 \bullet (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta inv})}{V_{BAT}}$$



Figura 28. Dimensionamiento del Regulador submétodo media anual ($I_{entrada}$ varía dependiendo del submétodo pero I_{salida} no varía ya que depende de la potencia instalada).

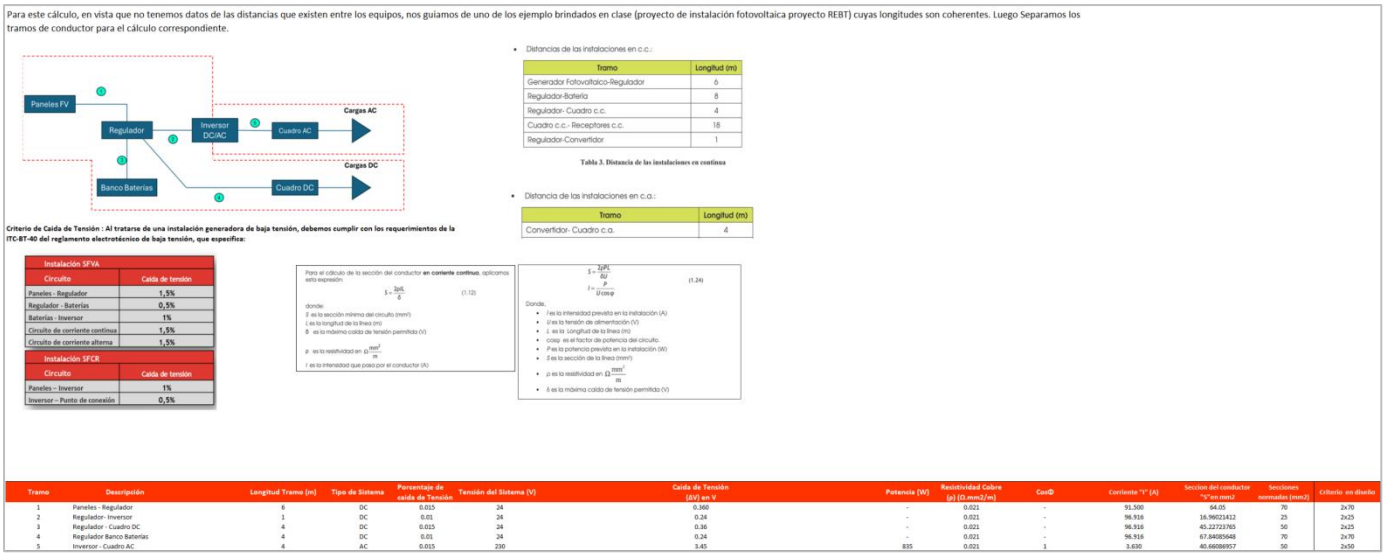
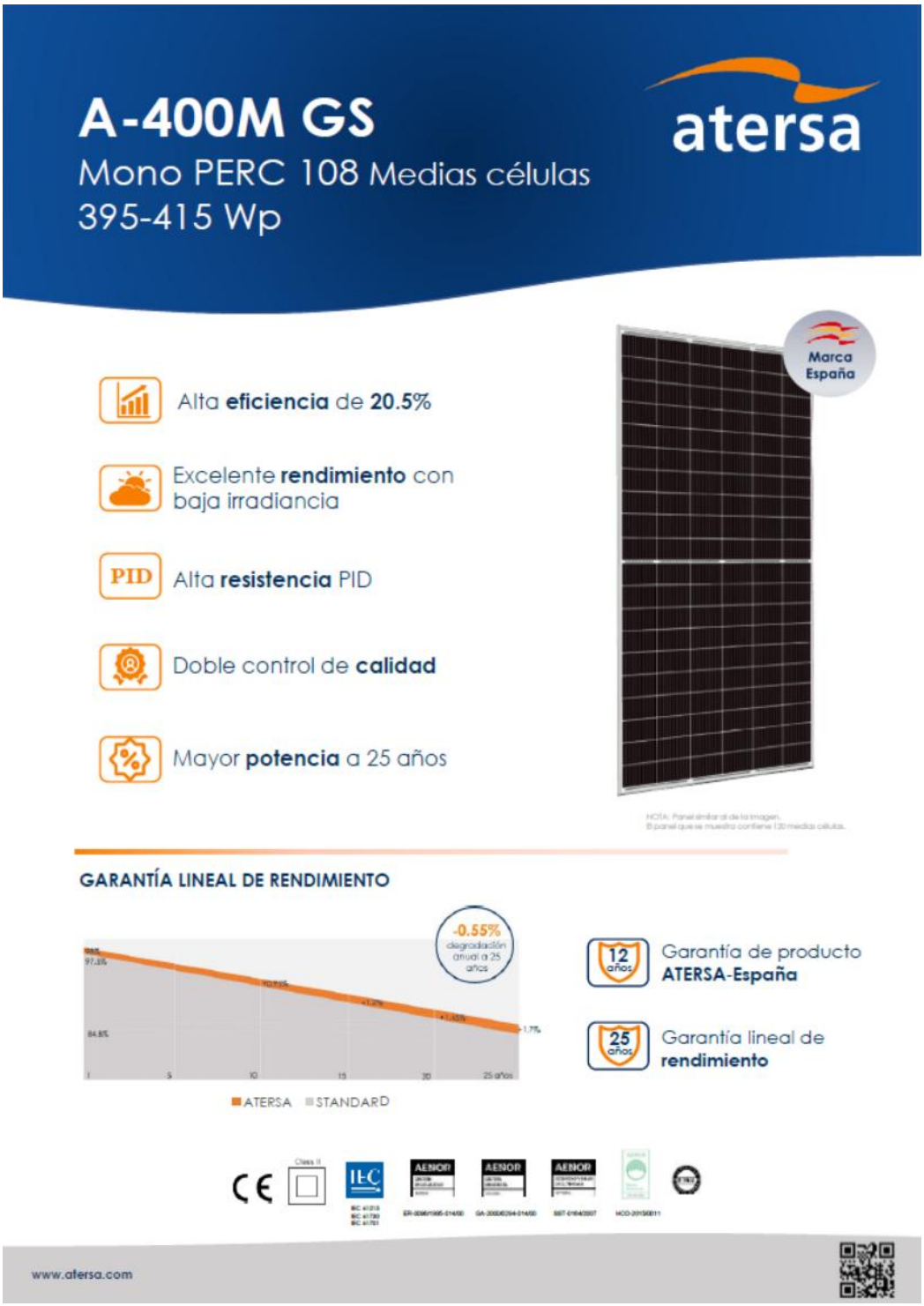


Figura 29. Dimensionamiento de los conductores.

Dimensionamiento		Subétodo mes crítico							Submétodo media anual	
		Potencia máxima			Amperios Hora				Potencia máxima	Amperios Hora
Fotovoltaico	Número de módulos	22			24				10	12
Bteria	Capacidad nominal (Ah)		4376.085						1615.19	
Regulador	Intensidad de salida(A)				96.92					
Inversor	Potencia Inversor (W)				751.5					

Figura 7. Características del dimensionamiento.

1.2. Información folleto comercial paneles



Our Module, Your Energy

atersa

Características eléctricas	A-395M GS 108	A-400M GS 108	A-405M GS 108	A-410M GS 108	A-415M GS 108
Potencia Máxima (Pmax)	395 Wp	**400 Wp**	405 Wp	410 Wp	415 Wp
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30.80 V	**31.05 V**	31.25 V	31.45 V	31.65 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	12.83 A	**12.90 A**	12.97 A	13.04 A	13.12 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	36.70 V	**36.95 V**	37.15 V	37.35 V	37.55 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	13.72 A	**13.78 A**	13.85 A	13.92 A	14.00 A
Eficiencia del Módulo (%)	20.2	**20.5**	20.7	21.0	21.3
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	25				
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.500V				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m2, spectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ± 3 % (Pmp); ± 3 % (Voc, Vmp); ± 4 % (Isc, Imp).
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%
Clasificación protección eléctrica: CLASS II
Clasificación seguridad al fuego: CLASS C

Especificaciones mecánicas

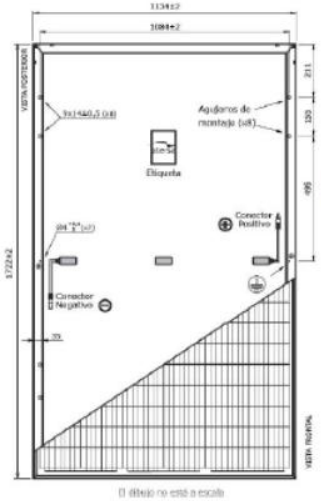
Dimensiones (± 2.0 mm.)	1722x1134x35 mm
Peso (± 0.5 kg)	22.0 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor)*	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	108 células (6x18)/ MonoPERC 1088/ 182x91 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Cable (longitud/sección) / **Conector**	1400 mm. / 4 mm²/ Compatible MC4

(*) Con capa anti-reflectante

Dimensiones mecánicas



El dibujo no está a escala

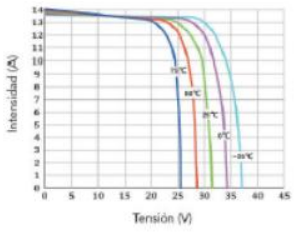
Características de temperatura

Coeficiente Temp. de Isc (TK Isc)	0.048 % /ºC
Coeficiente Temp. de Voc (TK Voc)	-0.270 % /ºC
Coeficiente Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.35 % /ºC
Reducción eficiencia (200W/m2 25ºC)	< 5%
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 ºC

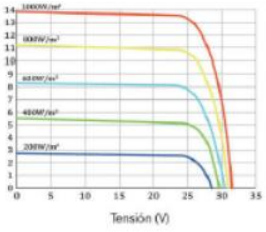
Embalaje

Módulos/palé	31
Palés/contenedor 40' HQ	26
Módulos/contenedor 40' HQ	806
Palés/contenedor 20'	12
Módulos/contenedor 20'	372

I-V Temperatura



I-V Irradiación



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

Revisado: 21/05/2024
Ref.: MU-M6M 6x18 M7 1088 GS (ES)-C
ATERSA SL, 2016

www.atersa.com
P.I. El Oliveral, Ribarroja del Turia.
C/ A Nave 6 D y E
Valencia, España.

1.3. Información folleto comercial baterías

BATTERY-BOX PREMIUM LVS



- Scalable from 3.8 kWh to 245.8 kWh
- Maximum Flexibility for any Application with up to 64 Modules Connected in Parallel
- Compatible with Market Leading 1 and 3 Phase Inverters
- Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP) Battery: Maximum Safety, Life Cycle and Power
- Capable of High-Powered Emergency-Backup and Off-Grid Function
- Patented Internal Plug Design Requires No Additional Wiring
- Self-Consumption Optimization for Residential and Commercial Applications

BATTERY-BOX PREMIUM LVS

- 3.84 kWh Module
- Modular Design Simplifies Transport and Installation

The BYD Battery-Box Premium LVS is a lithium iron phosphate (LFP) battery pack for use with an external inverter. A single Battery-Box Premium LVS contains between 1 to 6 battery modules LVS stacked in parallel and can reach 3.84 to 23.0 kWh usable capacity in one tower:

- Battery-Box LVS 3.8 (3.84 kWh)
- Battery-Box LVS 7.7 (7.68 kWh)
- Battery-Box LVS 11.5 (11.52 kWh)
- Battery-Box LVS 15.4 (15.36 kWh)
- Battery-Box LVS 19.2 (19.20 kWh - single tower only)
- Battery-Box LVS 23.0 (23.04 kWh - single tower only)

Connect up to 16 Battery-Box LVS 15.4 in parallel for a maximum size of 245.8 kWh. Ability to scale by adding LVS modules or parallel towers of 1 to 4 modules later.



FLEXIBLE, EFFICIENT, SIMPLE



Internal Plug Connection
No Additional Wiring Required



3.8 - 245.8 kWh
Tailored Sizing for Each Application



Extend Anytime
Easily Adapts to New Requirements



High Power
Power for Every Application

BATTERY BOX

TECHNICAL PARAMETERS **PREMIUM LVS**



	LVS 3.8	LVS 7.7	LVS 11.5	LVS 15.4	LVS 19.2	LVS 23.0
Battery Module	LVS (3.84 kWh, 51.2 V, 42 kg)					
Number of Modules	1	2	3	4	5	6
Usable Energy [1]	3.84 kWh	7.68 kWh	11.52 kWh	15.36 kWh	19.20 kWh	23.04 kWh
Max Cont. Output Current [2]	65 A	130 A	195 A	250 A	250 A	250 A
Peak Output Current [2]	90 A, 5 s	180 A, 5 s	270 A, 5 s	360 A, 5 s	360 A, 5 s	360 A, 5 s
Dimensions (H/W/D)	457 x 640 x 298 mm	690 x 640 x 298 mm	923 x 640 x 298 mm	1156 x 640 x 298 mm	1389 x 640 x 298 mm	1622 x 640 x 298 mm
Weight	52 kg	94 kg	136 kg	178 kg	220 kg	262 kg
Nominal Voltage	51.2 V					
Operating Voltage	40-59 V					
Operating Temperature	-10 °C to +50°C					
Battery Cell Technology	Lithium Iron Phosphate (cobalt-free)					
Communication	CAN / RS485					
Enclosure Protection Rating	IP55					
Round-Trip Efficiency	≥95%					
Scalability [3]	Max. 64 Modules in Parallel (245.8 kWh)				Single Tower Only	
Certification	VDE2510-50 / IEC62619 / CE / CEC / UN38.3					
Applications	ON Grid / ON Grid + Backup / OFF Grid					
Warranty [4]	10 Years					
Compatible Inverters	Refer to BYD Battery-Box Premium LVS Minimum Configuration List					

[1] DC Usable Energy, Test conditions: 100% DOD, 0.2C charge & discharge at + 25 °C. System Usable Energy may vary with different inverter brands
[2] Charge derating will occur between -10 °C and +5 °C
[3] Parallel tower function only available for 1 to 4 battery modules per tower. LVS 19.2 and LVS 23.0 can only be used as a single tower.
[4] Conditions apply. Refer to BYD Battery-Box Premium Limited Warranty Letter.

Catalogo aerotermia

Capítulo	Subapartado	Contenido principal	Responsable	Progreso
1. Introducción (5-7 páginas)	1.1 Objeto de estudio	Delimitación y justificación del tema	Santiago P.	80%
	1.2 Antecedentes	Contexto y referencias previas	Santiago P.	
	1.3 Marco teórico y metodológico	Bases conceptuales y métodos aplicados	Carlos	70%
	1.4 Objetivos generales y particulares	Objetivos del TFM	Santiago P.	100%
	1.5 Hipótesis de trabajo	Hipótesis principales del proyecto	Santi L.	95%
2. Desarrollo del trabajo (30-40 páginas)	2.1 Datos de partida	Información inicial, recursos disponibles	Alonso / Santi L.	95%
	2.2 Metodología	Metodología general aplicada	Alonso / Santi L.	70%
	2.3 Cálculo de necesidades energéticas	Estimación de demanda energética	Alonso / Santi L. / Carlos	33%
	2.4 Selección de componentes de la instalación	Paneles, baterías, inversores, etc.	Alonso	80%
	2.4.1.Generación renovable		Alonso	15%
	2.4.2.Sistema de calefacción: suelo radiante con bomba de calor de alta eficiencia		Carlos	50%
	2.4.3.Almacenamiento energético (baterías)		Alonso	20%
	2.5 Cálculo de la energía producida	Generación esperada según recursos	Alonso	35%
	2.5.1.Estrategias de eficiencia energética para la reducción de la demanda		Alonso	10%
	2.6 Configuración del sistema	Diseño de la microcentral y conexiones	Alonso / Apoyo	10%
	2.6.1.Concepto arquitectónico 3D de la vivienda autosuficiente	Dibujo arquitectonico 2D y visualizacion 3D	Santiago P.	70%
	2.6.2.Microcentral energética con soporte de inteligencia artificial		Va con 2.6 (Apoyo)	
	2.6.3.Adaptabilidad a cambios en la ocupación de la vivienda		Oscar	15%
	2.6.4.Gestión autónoma del recurso hídrico		Santi L. / Alonso / Oscar	99%
	2.6.5.Garage modular como núcleo operativo		Santi L. Santiago P.	50%
	2.7 Operación y mantenimiento	Estrategias de gestión y mantenimiento	Alonso	
	2.7.1.Dashboard		Santi L.	90%
	2.7.2.Modo de operación en estado de emergencia		Oscar	
	2.8 Evaluación económica	Inversión, financiación, rentabilidad	Oscar	75%
	2.8.1.Visualizaciones del análisis económico comparativo a 20 años, incluyendo inversión inicial, retorno, ahorro y escenarios		Santi L.	70%
	2.8.2.Alianzas estratégicas			
3. Conclusiones (7-10 páginas)	3.1 Resultados	Síntesis de hallazgos	TODOS	
	3.2 Comparación entre hipótesis y resultados	Validación de hipótesis	TODOS	
	3.3 % de transformación de energías convencionales a renovables (Escenarios conec	Escenarios conectado a red vs. off-grid	TODOS	
	3.4 Consideraciones finales	Reflexiones y cierre	TODOS	
	3.5 Futuras líneas de investigación	Proyecciones a futuro	TODOS	
	3.6 Bibliografía y referencias (APA)	Referencias usadas en todo el TFM	TODOS	

Figura 8. Distribución de tareas y avance del proyecto.

1.3.1. Herramientas

Herramienta	Uso
MS Word	Redacción del Informe
MS PowerPoint	Esquemas/Gráficos
MS Excel	Gestión de datos / cálculos
ArcGIS Pro	Mapeo / Georreferenciación / mapas
PVSYST	Dimensionamiento FV
MS Power BI	Gestión de datos / Cálculos / Conexión interactiva
SketchUp	Arquitectura / Diseño 3D / Interiorismo

Tabla 10. Herramientas utilizadas.

-

1.3.2. Sistema de calefacción: suelo radiante con bomba de calor de alta eficiencia

Por motivos de prolijidad y para no perder el foco del trabajo final, se realizó un análisis para la mejora del sistema de calefacción de la vivienda, incorporando la tecnología de Aerotermia.

La aerotermia es un sistema de climatización cuyo objetivo es aportar refrigeración en verano, calor en invierno y agua caliente sanitaria (ACS) durante todo el año. Su

funcionamiento se basa en un ciclo termodinámico que extrae el calor del exterior para introducirlo en el edificio, o bien extraerlo del interior y llevarlo al exterior cuando es necesario. Los sistemas de aerotermia pueden extraer hasta un 75 % de energía del aire exterior, lo que reduce enormemente el consumo de electricidad de los hogares y edificios.

La energía aerotérmica permite climatizar espacios de manera eficiente. Los generadores de aerotermia constan de una unidad exterior, que consiste en una bomba de calor capaz de extraer el calor del aire ambiente, y una unidad interior, que se coloca en el interior de la vivienda o el edificio y permite calentar y almacenar agua. Esta agua después servirá para climatizar el espacio, bien mediante radiadores o suelo radiante, y podrá consumirse en forma de agua caliente sanitaria. Algunos sistemas solo necesitan 1 kW de electricidad para generar entre 3 y 5 kW de calor, obteniendo del aire exterior el 66-80% de ese calor de forma gratuita.

Para su funcionamiento, una bomba de calor requiere de los siguientes componentes:

- Compresor: Su labor es transformar la energía eléctrica y elevar la presión del fluido refrigerante.
- Condensador: Se encarga de condensar el refrigerante, que pasa de estado gaseoso a líquido mediante el intercambiador de calor.
- Válvula de expansión: Este dispositivo genera una elevada pérdida de carga, reduciendo la temperatura, para producir la expansión del fluido refrigerante.
- Evaporador: Gracias a él, se produce la evaporación del fluido frigorífico, se absorbe el calor y se vuelve a iniciar el ciclo.

Características principales de la aerotermia

- Es un sistema que extrae energía del aire exterior.
- Tiene una alta eficiencia energética con ahorros importantes en electricidad.
- Sirve tanto para calentar en invierno como para enfriar en verano, incluido agua caliente.
- La instalación normalmente se conecta a radiadores de agua o suelo radiante para calefacción.
- Funciona las 24 horas, sin necesidad de recargar combustible, pero tiene que tener toma a la red eléctrica.

- Necesita una unidad exterior (como la de un aire acondicionado).
- Los equipos modernos son relativamente silenciosos y de mantenimiento bajo.
- El coste de la instalación inicial es elevado, pero los ahorros energético son importantes.
- Es ecológica porque usa mayormente energía renovable del aire.

Existen dos sistemas de aerotermia principales, el monobloc y el Bibloc:

- Sistema Monobloc: Únicamente se cuenta con unidad exterior. No tiene unidad interior, por lo que no hace falta conexión frigorífica. La unidad exterior lleva incluida una sonda exterior en su interior.
- Sistema Bibloc: Una unidad exterior donde se capta la energía aerotérmica y una unidad interior sirve de control del sistema de calefacción y ACS (agua caliente sanitaria).

1.3.2.1. Energía Solar Fotovoltaica y Aerotermia

La combinación de aerotermia y energía solar es una de las soluciones más eficientes para mejorar la eficiencia energética. Estos dos sistemas de energía renovable pueden trabajar de manera complementaria. Cuando se combinan, estas soluciones no solo contribuyen al ahorro energético, sino que también permiten optimizar el uso de recursos naturales, maximizando la eficiencia de las instalaciones y reduciendo la huella de carbono.

Los paneles solares generan electricidad durante el día, lo cual puede alimentar tanto el sistema aerotérmico como otros dispositivos de la vivienda, cubriendo una gran parte de las necesidades energéticas. Y al usar además la aerotermia para cubrir las necesidades de calefacción y refrigeración, reducimos la dependencia de un solo sistema. Adicionalmente, si se combina el sistema fotovoltaico con almacenamiento en baterías, podemos seguir teniendo energía proveniente de los paneles solares sin hacer uso de otras energías externas.

Esto es especialmente útil en zonas que no tienen acceso a la red eléctrica o este acceso es muy limitado. Con un sistema combinado de aerotermia y fotovoltaica, podemos contar con un suministro energético más estable y menos vulnerable.

Mediante los paneles solares producimos una energía limpia y gratuita que alimenta los sistemas de aerotermia que ya de por si son muy eficientes por lo que no consume demasiada energía en comparación con el calor que producen. De esta forma, la energía producida por la instalación solar fotovoltaica se puede aprovechar también para otros dispositivos del hogar. Tanto las instalaciones solares fotovoltaicas como los sistemas de aerotermia tienen un fácil mantenimiento. Por esta razón, si se hace un mínimo mantenimiento, los paneles solares suelen tener una vida útil de 25 años o más, mientras que los sistemas de aerotermia pueden durar entre 15 y 20 años con un mantenimiento adecuado.

Este bajo mantenimiento y la durabilidad de ambas tecnologías contribuye a su rentabilidad a largo plazo.

Inicialmente nos decantamos por la elección de un sistema monobloc porque nuestras necesidades de climatización son relativamente bajas, considerando que la zona donde está ubicada la vivienda (Jaén), con un clima de inviernos suaves-moderados, la vivienda tiene buenas envolventes y aislamientos. También por su coste inicial bajo y por su diseño compacto ya que todo el equipo está integrado en una sola unidad que se instala fuera de la vivienda. Esto simplifica la instalación, mejora la eficiencia y reduce riesgos como fugas de refrigerante, un punto débil en otros sistemas.

Rangos de precio estimados

Coste de la aerotermia para calefacción y ACS: El factor con mayor peso en el precio de la instalación es el tamaño de la vivienda, ya que de este depende la potencia necesaria de la bomba de calor de aerotermia, la longitud de la instalación hidráulica y los metros de suelo radiante necesarios.

COMPONENTE	PRECIO
Bomba de calor con instalación	Desde 8.000 €
Suelo radiante	Desde 5.600 €
Termostato	300 €
TOTAL	**13.900 €**

Tabla 11. Precio de la aerotermia (calefacción + ACS).

Para nuestro proyecto tendríamos que partir de la base de 7700 €, pues nuestra área a climatizar es más reducida, sin embargo, todo depende del instalador, por lo que es recomendable solicitar varios presupuestos a instaladores certificados (al menos 3).

Teniendo en cuenta que nuestra área a cubrir es:

- Cocina: 27.56 m²
- Pasillo: 5.00 m²
- Baño: 4.00 m²
- Acumulado total: 36.56 m²

Costo total instalación (incluye materiales, mano de obra, regulación, bomba aerotérmica, centro de distribución, zonificación)

- Proyecto medio (buena relación precio/rendimiento) para 37 m2 : 60 - 85 EUR/m², total ≈ 2.220 – 3145 EUR.
- Rango alto por acabados o instalación compleja: 85 - 110 EUR/m², total ≈ 3145 - 4070 EUR.

Si comparamos un sistema de calefacción eléctrica con la aerotermia veríamos que el primero puede llegar a consumir 17.500 kWh al año, mientras que en ese mismo periodo una bomba de calor consumiría menos de una cuarta parte, en torno a 4.000 kWh al año.

Demanda Térmica

La demanda térmica típica se expresa como carga de calefacción (Q_th) necesaria para mantener una temperatura interior objetivo durante un periodo (por ejemplo, calefacción de invierno o demanda anual).

Con buen aislamiento, la demanda suele reducirse significativamente respecto a una vivienda mal aislada. En climas templados como Jaén, la mayor parte de la demanda se concentra en inviernos.

- Superficie a calentar: 100 m² (piso/ventanas moderadas).
- Aislamiento: alto (paredes, techo, ventanas).
- Temperatura interior objetivo: 21–22 °C en invierno.
- Temperatura exterior de diseño de calefacción: para Jaén, duración típica de invierno con 2 a 5 °C de mínimo; uso de 0 °C como referencia de inviernos más fríos.
- Pérdidas térmicas horizontales (paredes, techo, ventanas) y pérdidas internas.

Método básico para estimar la demanda:

Determinamos carga de calefacción por superficie usando un coeficiente de demanda por área, ajustado por la diferencia de temperatura:

$$Q\ th\ \approx\ A\ total\ \times\ U\ \times\ \Delta T$$

Donde:

A total: área a calentar. Para una vivienda de 100 m², usa superficie útil: (supongamos 100 m²).

U: ganancia/valor de transmisividad global de la envolvente (W/m²·K). Con buen aislamiento, U típico podría estar entre 0,15 y 0,25 W/m²·K para una casa moderna.

ΔT: diferencia de temperatura entre interior y exterior deseada. Con Jaén en invierno, ΔT típico: 21 °C - 5 °C ≈ 16 °C.

Rango de Q_th (unidad kW):

- Si U = 0,20 W/m²·K: Q_th ≈ 100 × 0,20 × 16 = 320 W ≈ 0,32 kW.
- Si U = 0,15 W/m²·K: Q_th ≈ 100 × 0,15 × 16 = 240 W ≈ 0,24 kW.
- Si U = 0,25 W/m²·K: Q_th ≈ 100 × 0,25 × 16 = 400 W ≈ 0,40 kW.

Con estos valores, la carga de calefacción puntual sería entre ~0,24 y 0,40 kW, lo que sugiere que la demanda de calefacción total para mantener 21–22 °C podría rondar entre 0,25 y 0,5 kW de potencia estable para periodos de muy bajo consumo.

La demanda de calefaccion total es la potencia térmica necesaria (en kW) que debe entregar el sistema de calefacción para compensar las pérdidas térmicas de la vivienda y mantener la temperatura interior deseada (21–22 °C).

Por tanto:

No se refiere al consumo eléctrico, sino al calor que la vivienda “pierde” hacia el exterior y que la bomba de calor debe reponer.

Es una potencia térmica instantánea (no energía acumulada).

“0,5 kW de demanda” significa que, cada hora, se pierden 0,5 kWh de calor y el sistema debe aportar esa cantidad para mantener estable la temperatura. Significa

que, cada hora, se pierden 0,5 kWh de calor y el sistema debe aportar esa cantidad para mantener estable la temperatura.

Consideramos demanda estacional (SCOP/COP) y hábitos de uso:

En Jaén, debido a veranos cálidos y inviernos moderados, se recomienda una bomba de calor con:

COP de calefacción en condiciones estándar de invierno: al menos 3,5–4,0 (idealmente ≥ 4,0) para garantizar eficiencia razonable en días fríos.

Coeficiente de rendimiento estacional, SCOP:

- SCOP (calefacción estacional): un valor objetivo de > 4,0 es aconsejable para eficiencia anual.

SCOP recomendado para Jaén:

- Un SCOP entre 4,0 y 4,5 se considera eficiente para climas mediterráneos templados con veranos largos. Si la bomba de calor tiene variaciones y es de alta eficiencia, puede superar 4,5.
- Para Jaén, una bomba de calor aire-agua con buena eficiencia podría cubrir estas cargas con una potencia nominal de 3–6 kW para cubrir picos y mantener 21–22 °C incluso en días fríos.
- Elegimos una bomba de calor con potencia nominal entre 4 y 6 kW (para aire-agua) para cubrir picos y asegurar respuesta rápida.