



UNIVERSIDAD DE LEÓN.

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA.

TRABAJO FIN DE MÁSTER.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES.

**ESTUDIO DE INSTALACIONES SOLARES
FOTOVOLTAICAS DE AUTOCONSUMO PARA LA
TARIFA 3.0A CON DIFERENTES PERFILES DE
CONSUMO EN LAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS
DE ESPAÑA.**

***STUDY OF SELF-CONSUMPTION PHOTOVOLTAIC SOLAR
FACILITIES FOR THE 3.0A TARIFF WITH DIFFERENT
CONSUMPTION PROFILES IN THE DIFFERENT CLIMATE
ZONES OF SPAIN.***

Fernández Muñoz, Verónica.

Tutora: Castro Abengoza, Rosario.

León. Septiembre 2017.



UNIVERSIDAD DE LEÓN.

ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIERÍA AGRARIA.

TRABAJO FIN DE MÁSTER.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENERGÍAS RENOVABLES.

**ESTUDIO DE INSTALACIONES SOLARES
FOTOVOLTAICAS DE AUTOCONSUMO PARA LA
TARIFA 3.0A CON DIFERENTES PERFILES DE
CONSUMO EN LAS DISTINTAS ZONAS CLIMÁTICAS
DE ESPAÑA.**

***STUDY OF SELF-CONSUMPTION PHOTOVOLTAIC SOLAR
FACILITIES FOR THE 3.0A TARIFF WITH DIFFERENT
CONSUMPTION PROFILES IN THE DIFFERENT CLIMATE
ZONES OF SPAIN.***

Fernández Muñoz, Verónica.

Tutora: Castro Abengoza, Rosario.

León. Septiembre 2017.

HOJA DE CONFORMIDAD

TRABAJOS DE CARÁCTER CIENTÍFICO O TÉCNICO

Título: Estudio de instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo para la tarifa 3.0A con diferentes perfiles de consumo en las distintas Zonas Climáticas de España.

Autor: Fernández Muñoz, Verónica.

ELEMENTOS DE OBLIGADA APARICIÓN

Resumen. De 400 palabras como máximo.

Introducción. Debe incluir los motivos por los que se realiza el trabajo y los antecedentes o estudios previos sobre el mismo.

Objetivos. Se detallarán de forma clara y concisa los objetivos que se pretenden alcanzar.

Material y Métodos / Metodología. Descripción de las técnicas, los materiales empleados, y los métodos de análisis de datos, de forma que se garantice la repetibilidad de los mismos.

Resultados / Análisis / Diagnóstico. La información obtenida con el estudio se presentará de forma sistemática, preferentemente mediante tablas y figuras que deberán ser en todo caso autoexplicativas, y deberán aparecer debidamente numeradas y referenciadas en un índice propio.

Discusión. Los resultados propios del trabajo deberán ser discutidos relacionándolos, en su caso, con otros de estudios precedentes.

Conclusiones. Deberán ser claras, concisas, y coherentes con los objetivos propuestos. En el caso planes de ordenación de recursos forestales, propuestas concretas con objetivos, líneas y medidas.

Bibliografía. Listado de las fuentes de información utilizadas debidamente referenciadas y ordenadas.

OBTENIDA LA CONFORMIDAD	El tutor/es
DENEGADA LA CONFORMIDAD (No se autoriza la presentación)	Fdo.: Castro Abengoza, Rosario.

RESUMEN.

En este trabajo se pretende realizar el dimensionamiento de una instalación tipo que se autoabastezca de energía solar fotovoltaica y, que además, está instalación se encuentre conectada a la red para que en determinados momentos pueda tomar de está el suministro eléctrico que la instalación fotovoltaica no le permita.

La instalación tipo que se diseñe, será en función de varios perfiles de consumo para poder orientar de una forma más precisa a un consumidor y, además, estas instalaciones tipo serán estudiadas en las distintas Zonas Climáticas existentes en España.

Este dimensionamiento, será para aquellas instalaciones que se adhieran a una tarifa eléctrica con peaje de acceso 3.0A. Al consumidor de la instalación se le orienta para que consuma en determinadas horas del día para cubrir sus necesidades según el perfil de consumo que mejor se adapte a sus necesidades. Además, se le orientara según la viabilidad de la instalación desde un punto de vista económico.

Por tanto, se desea orientar a un consumidor determinado con la implantación de un sistema generador de energía renovable acoplado a su red interna de energía eléctrica, con la finalidad de que pueda ahorrar en los costes de la energía y poder impulsar el uso de las energías renovables como alternativa a los sistemas convencionales para abastecerse de energía eléctrica.

ÍNDICE:

ÍNDICE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
INTRODUCCIÓN.....	20
ANTECEDENTES.....	24
1. Evolución de la fotovoltaica en España.....	24
2. Situación actual.....	26
3. Dimensionamiento.....	27
4. Estudios previos.....	29
5. Justificación.....	30
OBJETIVOS.....	31
MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	32
1. Materiales.....	32
1.1. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). (http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/).....	33
1.2. Sunny Design Web. (https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home).....	34
2. Metodología.....	34
2.1. Tratamiento de datos con PVGIS.....	34
2.2. Creación de perfiles de consumo.....	37
2.3. Dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas con Sunny Design Web.....	41
2.4. Estudio económico.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	52
1. Resultados obtenidos con el PVGIS.....	52
2. Perfiles de consumo.....	63
2.1. Perfiles de consumo A.....	63
2.2. Perfiles de consumo B.....	74

3.	Resultados obtenidos del dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas para los perfiles creados con el Sunny Design Web.	86
3.1.	Resultados obtenidos para la Zona Climática I.	86
3.2.	Resultados obtenidos para la Zona Climática II.	99
3.3.	Resultados obtenidos para la Zona Climática III.	111
3.4.	Resultados obtenidos para la Zona Climática IV.	122
3.5.	Resultados obtenidos para la Zona Climática V.	134
4.	Resultados económicos.....	146
4.1.	Estudio económico para la instalación sin autoconsumo en las cinco Zonas Climáticas.	147
4.2.	Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática I.	149
4.3.	Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática II.	151
4.4.	Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática III.	154
4.5.	Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática IV.	157
4.6.	Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática V.	159
5.	Discusiones obtenidas del dimensionamiento.....	162
6.	Discusiones obtenidas del estudio económico.	164
CONCLUSIONES.....		167
	Conclusiones obtenidas de la radiación solar.	167
	Conclusiones obtenidas sobre el dimensionamiento de las instalaciones tipo.....	167
	Conclusiones obtenidas del estudio económico.	168
BIBLIOGRAFÍA.....		169
ANEXOS.....		173
	ANEXO I. Mapa de las Zonas Climáticas de España en función de la radiación solar.	173
	ANEXO II. Resultados obtenidos del PVGIS para cada una de las localidades estudiadas en cada una de las Zonas Climáticas.	174
	ANEXO III. Radiación solar horaria diaria recibida en un plano fijo (Wh/m^2 día) a lo largo de un año.	189

ANEXO IV. Precio de la energía para el año 2016 según los informes mensuales de
“Evolución del mercado de energía eléctrica” de OMIE en €/MWh. 195

ANEXO IV. Consumo de los kWh de la red en la instalación sin autoconsumo y con
autoconsumo para cada una de las Zonas Climáticas según su perfil de consumo..... 197

ÍNDICE TABLAS.

Tabla 1. Horarios de tarificación para la Zona 1 según tarifa 3.0A. Fuente: Orden ITC/2794/2007 (España, 2007).....	24
Tabla 2. Localizaciones de estudio dentro de cada zona climática. Fuente: Elaboración propia.	35
Tabla 3. Características de compatibilidad entre generador fotovoltaico e inversor. Fuente: Sunny Design Web.	44
Tabla 4. Horarios de tarificación según tarifa 3.0A para la zona 1 del mercado eléctrico nacional. Fuente: Orden ITC/2794/2007 (España, 2007).....	49
Tabla 5. Irradiancia media diaria recibida en plano horizontal y ángulo óptimo para cada localidad. Fuente: Elaboración propia.	53
Tabla 6. Radiación solar global media diaria anual.	54
Tabla 7. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 8. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 9. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 10. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 11. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 12. Radiación media diaria recibida en un plano fijo para cada zona climática y su ángulo de inclinación óptima. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 13. Comparación de la radiación media diaria recibida en un plano horizontal con la radiación media diaria recibida en un plano fijo. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 14. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 15. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 16 Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 17. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	71
Tabla 18. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 19. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	76
Tabla 20. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	78
Tabla 21. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	80
Tabla 22. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	82

Tabla 23. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 24. Costes para el peaje 3.0A. Fuente: Elaboración propia.....	146
Tabla 25. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.....	147
Tabla 26. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.....	148
Tabla 27. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo B sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.	148
Tabla 28. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	149
Tabla 29. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	150
Tabla 30. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	151
Tabla 31. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 32. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.....	153
Tabla 33. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	154
Tabla 34. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	155
Tabla 35. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	155
Tabla 36. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	156
Tabla 37. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.....	157
Tabla 38. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática IV Fuente: Elaboración propia.....	158
Tabla 39. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	159
Tabla 40. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.....	160
Tabla 41. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.....	161
Tabla 42. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	162
Tabla 43. Cuota de autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.....	163
Tabla 44. Cuota de autarquía. Fuente: Elaboración propia.	163
Tabla 45. Ahorro anual. Fuente: Elaboración propia.	164
Tabla 46. Periodo de retorno. Fuente: Elaboración propia.....	166

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²) en la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 2. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²) en la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 3. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²) en la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 4. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²) en la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 5. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²) en la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 6. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 7. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 8. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 9. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	72
Figura 10. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 11. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	76
Figura 12. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.	77
Figura 13. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura 14. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.	79
Figura 15. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 16. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.	81
Figura 17. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 18. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 19. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 20. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 21. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	87

Figura 22. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona climática I). Fuente: Sunny Design Web.	87
Figura 23. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	88
Figura 24. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web... ..	88
Figura 25. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web... ..	89
Figura 26. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	90
Figura 27. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.....	91
Figura 28. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.....	91
Figura 29. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	92
Figura 30. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web... ..	92
Figura 31. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web... ..	93
Figura 32. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	94
Figura 33. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	95
Figura 34. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	95
Figura 35. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	96
Figura 36. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	96
Figura 37. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	97
Figura 38. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	98
Figura 39. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.	98
Figura 40. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.....	99
Figura 41. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.....	99
Figura 42. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	100

Figura 43. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	101
Figura 44. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	101
Figura 45. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Dseign Web.	102
Figura 46. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	103
Figura 47. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	103
Figura 48. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	104
Figura 49. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	104
Figura 50. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	105
Figura 51. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Dseign Web.	106
Figura 52. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	107
Figura 53. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	107
Figura 54. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	108
Figura 55. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	108
Figura 56. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	109
Figura 57. Curva característica de evolución de la carga sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.	110
Figura 58. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Dseign Web.	110
Figura 59. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	111
Figura 60. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	111
Figura 61. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	112

Figura 62. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	113
Figura 63. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	113
Figura 64. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	114
Figura 65. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	115
Figura 66. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	115
Figura 67. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	116
Figura 68. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	116
Figura 69. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	117
Figura 70. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	117
Figura 71. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	119
Figura 72. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	119
Figura 73. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	119
Figura 74. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	120
Figura 75. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	121
Figura 76. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	121
Figura 77. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.	122
Figura 78. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	123
Figura 79. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	123
Figura 80. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	124

Figura 81. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	124
Figura 82. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	125
Figura 83. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	126
Figura 84. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	127
Figura 85. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	127
Figura 86. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	127
Figura 87. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	128
Figura 88. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	129
Figura 89. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	129
Figura 90. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	130
Figura 91. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	130
Figura 92. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	131
Figura 93. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	132
Figura 94. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	132
Figura 95. Curva característica de evolución de la carga sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	133
Figura 96. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.	134
Figura 97. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	135
Figura 98. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	135
Figura 99. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	136

Figura 100. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	136
Figura 101. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	137
Figura 102. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Dseign Web.	138
Figura 103. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	139
Figura 104. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	139
Figura 105. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	139
Figura 106. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	140
Figura 107. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	141
Figura 108. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Dseign Web.	141
Figura 109. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	142
Figura 110. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	142
Figura 111. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	143
Figura 112. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	144
Figura 113. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	144
Figura 114. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.	145
Figura 115. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Dseign Web.	145
Figura 116. Grafica con las cuotas de autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.	163
Figura 117. Cuota de autarquía. Fuente: Elaboración propia.	164
Figura 118. Ahorro anual según la Zona Climática y el perfil de consumo. Fuente: Elaboración propia.	165
Figura 119. Periodo de retorno según la Zona Climática y su perfil de consumo. Fuente: Elaboración propia.	166
Mapa de radiación solar. Fuente: Código Técnico de Edificación.	173

INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se desea realizar un estudio para instalaciones de autoconsumo que se autoabastecen de la energía solar fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, que produce electricidad a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor, lo que se conoce como célula fotovoltaica. Este tipo de energía se usa para producir electricidad a gran escala mediante redes de distribución o para abastecer aparatos autónomos, viviendas, etc. Esta tecnología ha avanzado mucho en los últimos años, sin embargo, no se está aprovechando como se debería, debido a que legislativamente no se ve impulsada.

En el artículo 9, Autoconsumo de energía eléctrica, de la *Ley 24/2013, del Sector eléctrico* (España, 2013), se define dicho autoconsumo como “*el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor*”. Y dentro de las modalidades de autoconsumo, se estudiara la modalidad en la que un consumidor disponga de una instalación de generación destinada al consumo propio y, además, conectada a su red de suministro interior, es decir, existirá un único sujeto a consumir. Este tipo de instalaciones no estarán dadas de alta en el registro de instalaciones de producción de energía eléctrica (RAIPRE).

Este tipo de modalidad de autoconsumo será la denominada tipo 1 según el *Real Decreto 900/2015*, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo (España, 2015). Estas instalaciones estarán conectadas a la red, existirá conexión eléctrica con la red de transporte o distribución, ya que la instalación de generación estará conectada en el interior de la red del consumidor y éste estará conectado a través de una línea directa.

Estas instalaciones pertenecientes a la modalidad de tipo 1, se caracterizaran por la existencia de un único consumidor en el punto de suministro y disponga en su red interior una o varias instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al consumo propio, y además, se caracterizaran por no estar dadas de alta como instalaciones de producción. Según el *RD 900/2015* (España, 2015), en su artículo 5,

Requisitos generales para acogerse a una modalidad de autoconsumo, son definidos dichos requisitos para la “*modalidad de autoconsumo tipo 1*” son:

- *La potencia contratada del consumidor no será superior a 100 kW.*
- *La suma de potencias instaladas de generación será igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor.*
- *El titular del punto de suministro será el mismo que el de todos los equipos de consumo e instalaciones de generación conectados a su red.*
- *Las instalaciones de generación y el punto de suministro deberán cumplir los requisitos técnicos contenidos en la normativa del sector eléctrico y en la reglamentación de calidad y seguridad industrial que les resulte de aplicación.*

Para poder estudiar este tipo de instalaciones, se creará una instalación tipo, la cual tendrá un consumo anual de 3500 kWh. Este consumo anual será tomado como base de cálculo, con la finalidad de ver si existen diferencias de autoconsumo con el mismo consumo en las distintas Zonas Climáticas existentes en España según su radiación solar. Estas Zonas Climáticas vienen definidas en el *HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*, en el del *Documento Básico HE Ahorro de energía* realizado por el Código Técnico de la Edificación (Código Técnico de Edificación, 2013). Para ello, se crearan varios perfiles de consumo horarios diarios.

Dicha instalación fotovoltaica, estará formada por los siguientes elementos:

- Módulos fotovoltaicos, son los encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica.
- Acumuladores, sirven para almacenar el excedente de la energía eléctrica generada en los módulos fotovoltaicos.
- Reguladores, se encargan de regular la carga y la descarga de las baterías.
- Inversores o convertidores, sirven para adaptar la corriente eléctrica que se genera en los módulos, bien en corriente continua o corriente alterna.
- Cableado, para unir los diferentes equipos eléctricos y electrónicos.
- Protecciones conexiones, para asegurar las condiciones de seguridad de la instalación.

- Monitorización y control, sistema que proporciona información del funcionamiento de la instalación.

Dichos acumuladores o baterías, servirán para almacenar el excedente de energía solar que se genere y poderlo usar en aquellos momentos en los que no haya sol. Esta es una forma de aprovechar el excedente de la energía que se genera y no se pierda, se evita inyectarla a la red. Además, la instalación aunque sea de autoconsumo estará conectada a la red para poderse apoyar en aquellos momentos en los que no tenga suministro de energía solar.

Previamente, al estudio de estas instalaciones en cada una de las Zonas Climáticas, se estudiará la radiación incidente en cada una de las zonas según los siguientes parámetros: radiación incidente en una superficie horizontal (kWh/m²día) y la radiación incidente en una superficie inclinada (kWh/m²día) según su ángulo de inclinación óptimo (grados) y que estará orientada al sur. Con estos valores, se puede calcular cual es la radiación diaria horaria en una zona recibida en una superficie inclinada, la cual, servirá para el estudio de la instalación tipo en cada una de las Zonas Climáticas.

Teniendo los valores de radiación y como se dijo anteriormente, se crearan varios perfiles de consumo horarios diarios que servirán para estudiar el autoconsumo de la instalación tipo y ver su viabilidad. Además, al tener estos perfiles de consumo horarios diarios, permitirá hacer un estudio aproximado de la instalación desde un punto de vista económico, ajustándose a los periodos tarifarios según las horas, de ahí, la importancia de realizar este estudio según los consumos horarios diarios.

El estudio económico se realizará teniendo en cuenta que, esta instalación tipo se adherirá a la tarifa de acceso 3.0A. El artículo 7, Definición de las tarifas de acceso, del *Real Decreto 1164/2001*, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica (España, 2001), dice que: *“Las tarifas de acceso de aplicación general, sin más condiciones que las que derivadas de la tensión a que se haga la acometida y las que se establecen para cada una de ellas, son las siguientes:*

- a) *Tarifas de baja tensión: se aplicaran a los suministros efectuados a tensiones no superiores a 1kV y son las siguientes: Tarifa 2.0A, tarifa simple para baja tensión; y la Tarifa 3.0A, tarifa general para baja tensión.*
- b) *Tarifas de alta tensión: se aplicaran a los suministros efectuados a tensiones superiores a 1 kV y son las siguientes: Tarifa 3.1A, tarifa específica de tres periodos para tensiones de 1 a 36 kV; y la Tarifa 6, tarifas generales para alta tensión”.*

Además, en este mismo artículo, para cada una de las tarifas establece sus condiciones de aplicación, que para la tarifa 3.0A dice: *tarifa general de baja tensión.-Se podrá aplicar a cualquier suministro de baja tensión. A esta tarifa le es de aplicación la factura por energía reactiva en las condiciones fijadas en el artículo 9.3.*

Este real decreto, en su artículo 8, son definidos los Periodos tarifarios, que para las tarifas 3.0A tiene la modalidad de tres periodos, estos periodos son: punta (4 horas al día), llano (12 horas al día) y valle (8 horas al día), con distinción de horarios si es invierno o verano. Los cambios de horario vienen definidos según la fecha de cambio oficial de hora. La *Orden ITC/2794/2007* (España, 2007) revisa las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007, es decir, que en el apartado 3 del anexo II de la citada orden se definen los periodos horarios aplicables a las tarifas de acceso (Tabla 1), donde se modifican los horarios del periodo tarifario 3.0A propuestos en el artículo 8 del *RD 1164/2001*.

Además, el mercado eléctrico nacional se divide en cuatro zonas según las Comunidades Autónomas. La Zona 1 corresponde a las Comunidades Autónomas de la Península Ibérica, la Zona 2 a Baleares, la Zona 3 a Canarias y la Zona 4 a Ceuta y Melilla. En este trabajo, para hacer una aproximación, se cogerá la Zona 1 que incluye a todas las Comunidades Autónomas de la Península. Para la citada zona la distribución de las horas del día en los tres periodos según el horario son:

Tabla con los horarios de invierno y verano para la Zona 1 según la tarifa 3.0A

Periodos	Horario de Invierno	Horario de Verano
Punta	de 18:00 a 22:00 h.	de 11:00 a 15:00 h.
Llano	de 08:00 a 18:00 h. y	de 08:00 a 011:00 h. y

	de 22:00 a 24:00 h.	de 15:00 a 24:00 h.
Valle	de 00:00 a 08:00 h.	de 00:00 a 08:00 h.

Tabla 1. Horarios de tarificación para la Zona 1 según tarifa 3.0A. Fuente: Orden ITC/2794/2007 (España, 2007).

ANTECEDENTES.

1. Evolución de la fotovoltaica en España.

España, es un país que posee una buena situación geográfica para el aprovechamiento de la energía solar, ya que posee una gran cantidad de horas de sol, es decir, que es uno de los países de Europa con mayor irradiación solar. El uso de la energía solar fotovoltaica, es una alternativa para producir electricidad, de forma limpia como energía renovable y sin tener que depender de los recursos fósiles, el uso de la fotovoltaica, proporciona una autonomía energética.

Aunque España posee una buena situación para el uso de esta tecnología, no se está aprovechando como se debería. En un principio, fue un país pionero en investigación y aprovechamiento de la energía solar debido a que la legislación existente la favorecía, pero a partir del 2008 empezó a decaer, ya que el marco legislativo frenó el uso de esta alternativa como producción de electricidad.

En la década de los 80, se crearon las primeras instalaciones fotovoltaicas en España y eran sistemas de abastecimiento aislado. En el año 1984, se construyó la primera planta piloto de fotovoltaica conectada a red en San Agustín de Guadalix (Madrid) y tenía una potencia de 100 kWp. Una década más tarde, se empezaron a instalar sistemas de conexión a red, la más importante fue la planta Toledo – PV con una potencia de 1 MW (1994).

Estas instalaciones de generación de electricidad no se encontraban legalmente en el contexto del sistema eléctrico, es decir, existía un vacío legal hasta 1998, cuando se aprobó el *Real Decreto 2818/1998*, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración (España, 1998). En dicho real decreto, se establecían unas primas por kWh vertido a la red para sistemas con una potencia nominal inferior y superior a 5 kWp. En el año 2000 con el *Real Decreto 1663/2000*, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión (España, 2000), donde se establecían las condiciones técnicas y administrativas de esta tecnología supuso el verdadero inicio de estas instalaciones.

El verdadero impulso que tuvieron las instalaciones conectadas a red en España, fueron gracias a las primas dadas por kWh fotovoltaico que se inyectaba a la red y que vienen recogidos en el *Real Decreto 436/2004*, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (España, 2004) y el *Real Decreto 661/2007*, que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (España, 2007).

En el año 2010, el *Real Decreto – Ley 14/2010*, donde se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico (España, 2010), para las instalaciones fotovoltaicas se introdujo un límite en el número de horas de funcionamiento equivalente de la instalación para las primas, es decir, que este real decreto ley, limitaba el número de kWh generados que tendrían derecho a percibir una prima.

Para este tipo de instalaciones se espera que se aprueben las condiciones técnicas de dichas instalaciones y la regulación del modelo de balance neto que se adecue al sistema eléctrico. Es aquí, donde entran en juego las eléctricas, que buscan motivos para bloquear a los pequeños productores de energía y buscar sus intereses en otras fuentes energéticas que con el *Real Decreto – Ley 1/2012* (España, 2012) supuso el freno de la fotovoltaica. Este RDL procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos. Para las plantas fotovoltaicas

nuevas supuso que las que no estaban inscritas en los cupos de producción, no recibirían una prima por vender la energía en el mercado.

En el año 2013, se presenta una propuesta para un real decreto con la finalidad de regular el autoconsumo. Esta propuesta la realiza la Secretaría de Estado de Energía y es presentada a la Comisión Nacional de Energía. En esta propuesta ya se empiezan a vislumbrar lo que hoy es el *Real Decreto 900/2015*, en el que se regulan las condiciones técnicas, administrativas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo (España, 2015). En esta propuesta aparece el término de “peaje de respaldo”, que es un impuesto que han de pagar aquellos consumidores que se autoabastecen de la energía que se produce en la instalación fotovoltaica. Este peaje se crea para pagar y mantener la red eléctrica, además, estos consumidores deberán pagar el resto de la energía consumida de la red en función de los peajes de acceso y otros precios según lo establecido con su distribuidora y la normativa que esté en vigor.

2. Situación actual.

Actualmente las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo están reguladas bajo la normativa del *Real Decreto 900/2015*, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo (España, 20015) en el que se ven afectadas aquellas instalaciones de autoconsumo que estén conectadas a red y, además, tengan un balance neto. El balance neto, significa que si una instalación de autoconsumo produce más de lo que se puede consumir en un determinado momento, ese exceso de energía será inyectado a la red, pero el propietario de esa instalación no se podrá beneficiar de ese excedente en otro momento en el que no haya radiación solar y lo necesite en el caso de la modalidad 1 de autoconsumo, en cambio, en la modalidad 2 de autoconsumo, ese exceso si lo cobran. Este real decreto ha sido muy analizado y criticado, ya que los expertos en autoconsumo no lo ven nada claro, debido a que no favorece las instalaciones de autoconsumo y, por ende, no apuesta y/o impulsa el uso de las energías renovables.

Se diferencian dos modalidades de autoconsumo. La *modalidad tipo 1* se caracteriza principalmente por: no está inscrita en el registro de producción, la potencia contratada ha de ser menor a 100 kW, la potencia que genera será menor a la potencia contratada y los vertidos que realicen a la red no tienen beneficio. En cambio, la *modalidad de autoconsumo tipo 2* si están inscritas en el registro de producción, no tienen límite de potencia y, en cambio, aquí si cobran los vertidos que realicen a la red. Se puede resumir como la modalidad tipo 1 es para un consumidor único, donde productor y consumidor es el mismo y la modalidad tipo 2, puede existir un productor y varios consumidores, debido a ese vertido del exceso de energía generado.

Las instalaciones de autoconsumo aisladas quedan fuera de esta normativa y, además, excluidas de pagar el peaje de respaldo, lo que se conoce como impuesto al sol. Este peaje de respaldo lo que viene a decir, es que se paga por la energía que se genera en la instalación fotovoltaica y que es consumida por el propietario de dicha instalación. Para aquellas instalaciones que están conectadas a red, este real decreto permite el uso de baterías para almacenar el exceso producido y aun así han de pagar este impuesto de respaldo. Los propietarios de estas instalaciones de autoconsumo, además, de pagar por la propia energía generada han de pagar por la energía que consuman de la red y aquellos costes que determina su distribuidora y que se encuentren vigentes.

Debido a todos estos costes, estas instalaciones en España no están muy implantadas a día de hoy, debido a que los pequeños consumidores no les salen rentable el uso de este tipo de instalaciones y que son una alternativa a usar otro tipo de energías que sean más perjudiciales o contaminen el medio ambiente. También, influyen las empresas comercializadoras y distribuidoras de energía eléctrica que buscan su beneficio y, por ello, a los propietarios que quieran instalar una instalación de este tipo no les es fácil desde el punto de vista administrativo.

3. Dimensionamiento.

El dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, se basaba en un primer momento en el conocimiento de la potencia eléctrica que se deseaba que tuviese dicha instalación, con la finalidad de entregar la energía que se ha

producido a la red y poder recibir así una compensación económica, para ello, los módulos fotovoltaicos se colocaban de tal forma que diesen la mayor producción.

Las instalación de autoconsumo con balance neto su dimensionamiento es una mezcla entre una instalación fotovoltaica aislada y conectada a red, la cual se diseña para cubrir una demanda energética de una instalación concreta, por ende, hay que saber que necesidades hay y cuando se dan. Este tipo de instalaciones se estudian como si fuesen instalaciones conectadas a red, donde, la energía que se genera se puede consumir instantáneamente o el excedente se inyecta a la red eléctrica dándose tres casos:

- La energía que se consume es igual a la energía que genera la instalación fotovoltaica. En este caso, la compañía eléctrica no cobra ningún importe por el concepto de término de energía, pero si cobraría por el termino de potencia, alquiler de contadores, impuesto eléctrico, etc.
- La energía que se consume es menor que la energía generada por la instalación fotovoltaica. En este caso la compañía tampoco cobra importe por el término de energía y el usuario tiene derecho a consumir de forma gratuita en el siguiente periodo la energía que inyectó a la red eléctrica.
- La energía que se consume es mayor que la energía que genera la instalación fotovoltaica. En este caso, la compañía cobrara por el importe que se corresponde con la energía que se consume de la red, es decir, la diferencia existente entre la energía que se genera en la instalación fotovoltaica y la energía que se consume de la red eléctrica.

A día de hoy, estos tres casos no se dan, y por tanto, este tipo de instalaciones habrá que dimensionarlas de tal forma para que no haya excedentes, es decir, hay que evitar verter a la red eléctrica, pero no porque no se cobre, sino porque en la modalidad de autoconsumo de tipo 2, en la que si se cobra por su vertido, no está claro que salga rentable. Como alternativa a esto, está el autoconsumo con acumulación, que consiste en almacenar ese excedente de energía que se ha generado en la instalación fotovoltaica. Esta energía almacenada se podrá aprovechar en aquellos momentos en los que no haya producción solar y se evita el consumir energía de la red produciéndose un ahorro en la factura eléctrica.

El principio de diseño de las instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo es:

- Estudiar la curva de demanda de la energía en kWh para un día medio de cada mes. Con esto se puede establecer la potencia de los paneles y del inversor que mejor se adapten a la demanda energética que se desea cubrir.
- Estudiar la curva de producción solar que daría la instalación fotovoltaica en kWh para un día medio de cada mes. Hay que tener en cuenta la superficie disponible para colocar los paneles fotovoltaicos, ya que han de caber sin darse sombras y el coste de la inversión.
- Este dimensionamiento se realiza para evitar excedentes de energía, por tanto, se necesita saber, tanto el consumo como la producción de energía horaria y no diaria.

En este tipo de instalaciones hay que tener en cuenta el desfase diario que se da en la instalación entre la producción de energía solar y el consumo, ya que muchas veces, el perfil de consumo que se da en un día no coincide con las horas de producción solar. Por tanto, no solo vale conocer cuánto se consume, sino cuando se consume para que coincida con las horas de producción solar.

4. Estudios previos.

Desde algunas entidades o instituciones locales se realizan estudios con la finalidad de dar a conocer y promover el uso de las energías renovables como alternativas a las energías que se conocen convencionalmente. Una de estas entidades es el *Ente Regional de la Energía* (EREN) de Castilla y León, perteneciente a la *Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía* (EnerAgen). Donde han realizado una metodología para el dimensionamiento de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo.

Desde el EnerAgen, realizaron un estudio partiendo de las siguientes hipótesis: demanda horaria para los consumidores con peaje de acceso 3.0A y 3.1A con medida en baja tensión y registro en 6 periodos (según los perfiles finales del 2016 de Red Eléctrica de España), factores de funcionamiento finales para perfiles horarios de instalaciones fotovoltaicas según las distintas Zonas Climáticas, tal y como se definen

en el *Real Decreto 413/2014* (España, 2014) y el dimensionado para evitar el vertido de energía a la red y el tamaño de la batería. Para cada una de las Zonas Climáticas se calculó la potencia pico (kWp) a instalar y la capacidad en kWh que ha de tener la batería para un consumo anual existente por cada 1000 kWh/año. Como resultados energéticos de este estudio se obtuvo la producción fotovoltaica que es consumida instantáneamente y la producción fotovoltaica acumulada en la batería, ambas en kWh/año y el porcentaje de autoconsumo sobre la demanda por cada 1000 kWh año de consumo.

El estudio realizado por el EREN, se basó en: los perfiles finales de consumo del año 2015 disponibles para los consumidores que publica la Red Eléctrica de España (REE), y además, estos consumidores se corresponden con los peajes de acceso 2.0A, 2.1A, 2.0DHA, 2.1DHA, 3.0A y 3.1A. A cada consumidor se le calculó la curva de demanda horaria del día medio de cada mes. Como factor de funcionamiento, se estableció el propuesto en el *Real Decreto 661/2007* (España, 2007), para el perfil horario de una instalación fotovoltaica (kWh/kWp). Se compararon las curvas de demanda horaria eléctrica y de producción solar horaria para la Zona Climática II (Castilla y León). En esta metodología se dimensiona la potencia fotovoltaica y la capacidad de la batería a instalar, refiriéndose a un consumo anual por cada 1000 kWh/año para minimizar el vertido a la red. El cálculo económico consistió en ver el ahorro de la instalación, para ello, conociendo los precios horarios finales de 2015, para tarifas PVPC 2.0A y 2.0DHA y para el resto de tarifas el mercado libre, donde se simuló solo la 2.1A. Esta metodología es para las instalaciones de tipo 1, donde el ahorro económico obtenido debe al coste de la energía y no incluye costes fijos ni impuestos.

5. Justificación.

La finalidad de este trabajo es acercar a aquellos consumidores que tengan un consumo eléctrico anual constante donde su potencia eléctrica sea entre 15 y 100 kW, siendo de baja tensión y se adhieran a la tarifa de acceso eléctrico 3.0A que el acoplamiento de una instalación fotovoltaica para su autoabastecimiento es viable. Este tipo de instalaciones de autoconsumo tendrán un sistema de almacenamiento de la energía producida para poderla aprovechar en aquellos momentos en los que no haya radiación solar.

Como se ha dicho con anterioridad, debido a la estratégica situación geográfica de España no se está incentivando de forma legislativa el uso de esta alternativa, tanto para producir como para consumir energía eléctrica. España posee muy buena radiación solar a lo largo del año, es más, en regiones del norte de España se registra mayor radiación solar que la existente en Alemania, y sin embargo, en este país si apuestan por esta energía como alternativa. Además, el uso de este tipo de energías renovables, a parte, de no contaminar y ser instalaciones de autoconsumo sirve para descentralizar el uso de otras energías más contaminantes y así evitar el colapso de la red de distribución de electricidad.

Se pretende que este trabajo sea una orientación para este tipo de consumidores concretos con un mismo consumo diario a lo largo del año y con un peaje de acceso a la tarifa eléctrica 3.0A. Mediante un estudio de una instalación tipo de autoconsumo se orienta a consumir en aquellas horas del día que sean más rentables, es decir, en aquellas horas en las que haya mayor radiación solar o en las horas punta según dicha tarifa. Todo ello con la finalidad de poder ahorrar en la factura de la luz y ver que es posible el uso de instalaciones de autoconsumo en cualquier punto de la geografía española.

OBJETIVOS.

Con este trabajo se pretende orientar a un consumidor determinado a instalar una instalación solar fotovoltaica para poderse abastecer y no tener que depender siempre de la electricidad existente en la red de distribución eléctrica. Para poder orientar a este consumidor, es necesario saber cómo es su perfil de consumo horario diario y si existe relación entre el consumo que demanda de la instalación y las horas en las que existe radiación solar o no. Para ello, se llevaran a cabo los siguientes objetivos con la finalidad de implantar esta instalación de autoconsumo que más se ajuste a las necesidades del consumidor.

1. Ver cómo varía la radiación solar recibida en una superficie horizontal e inclinada en las distintas Zonas Climáticas existentes en España y si se ajustan los valores de radiación a los propuestos por el Código Técnico de Edificación en su Documento Básico HE de Ahorro de Energía (Código Técnico de Edificación, 2013)
2. Comprobar los ratios de dimensionamiento de una instalación tipo solar fotovoltaica de autoconsumo con tarifa 3.0A con baterías, con la metodología propuesta por EnerAgen para el dimensionamiento de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo con baterías (EnerAgen, 2016).
3. Estudio de viabilidad de estas instalaciones con la finalidad de ver si existe relación entre la producción solar y distintos perfiles de consumo. Teniendo en cuenta el consumo de la instalación con distintos solapamientos con respecto a la producción solar y entre el consumo y las horas punta, llano y valle de la tarifa de acceso 3.0A.
4. Estudio económico de este tipo de instalaciones con la finalidad de ver su rentabilidad según la tarifa eléctrica de acceso 3.0A de tres periodos.

MATERIALES Y METODOLOGÍA.

1. Materiales.

Para poder llevar a cabo este estudio, se han usado varios programas informáticos que se encuentran “*on-line*” y son de acceso gratuito. Estos programas, han permitido calcular la radiación solar incidente en una superficie horizontal y en un plano fijo y crear el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red. A continuación, se explicarán sendos programas.

1.1. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).*
(<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>).

Este programa de Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica posee mapas interactivos. Es una herramienta que permite calcular todos aquellos parámetros relacionados con la radiación solar que existe en una determinada zona para poder llevar a cabo una instalación solar fotovoltaica.

Introduciendo el nombre o las coordenadas (latitud y longitud) de la zona en la cual se quieren conocer los datos relacionados con la radiación solar, se obtienen dichos datos tanto mensuales como diarios.

Los datos mensuales que se obtienen son:

- H_h : Irradiación horizontal en un plano horizontal ($Wh/m^2/day$).
- H_{opt} : Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima ($Wh/m^2/day$).
- $H_{(90)}$: Irradiación sobre un plano inclinado: 90 grados. ($Wh/m^2/day$).
- DNI: Irradiación directa normal ($Wh/m^2/day$).
- I_{opt} : Inclinación óptima (grados).
- T_L : Turbidez de Linke (-).
- D/G: Ratio entre la irradiación difusa y la global (-).
- T_D : Temperatura media del día ($^{\circ}C$).
- T_{24h} : Temperatura media diaria (24h) ($^{\circ}C$).
- N_{DD} : Número de grados día de calefacción (-).

Los datos diarios que se obtienen son:

- G : Irradiancia global sobre un plano fijo (W/m^2).
- G_d : Irradiancia difusa sobre un plano fijo (W/m^2).
- G_c : Irradiancia global con cielo claro sobre un plano fijo (W/m^2).
- DNI: Irradiancia directa normal (W/m^2).
- DNI_c : Irradiancia directa normal con cielo claro (W/m^2).

- A: Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a 2 ejes (W/m^2).
- A_d : Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a 2 ejes (W/m^2).
- A_c : Irradiancia global con cielo claro sobre un plano con seguimiento a 2 ejes (W/m^2).
- T_d : Perfil de la temperatura media diurna ($^{\circ}C$).

1.2. *Sunny Design Web.*
(<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home>).

Como se comentó anteriormente, es un programa on-line que sirve para planificar y configurar plantas fotovoltaicas o sistemas híbridos fotovoltaicos. Este programa crea una recomendación de diseño de la planta fotovoltaica o del sistema híbrido fotovoltaico que se planifique. Esta herramienta propone una combinación de uno o varios generadores fotovoltaicos e inversores que se aproximan a lo que se desea, por ejemplo: en cuanto a la clase de potencia, rendimiento energético y rentabilidad. Además, permite determinar y optimizar el autoconsumo potencial y dimensionado de cables, conocer la rentabilidad, así como configurar grupos electrógenos para los sistemas híbridos fotovoltaicos.

2. **Metodología.**

2.1. *Tratamiento de datos con PVGIS.*

Para poder realizar un dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica es necesario conocer cuál es la radiación solar incidente en el lugar de ubicación de la instalación y, además, el ángulo de inclinación óptima que han de tener los receptores fotovoltaicos. Para ello, con la ayuda del “*Mapa de Radiación Solar Global media diaria anual sobre la superficie horizontal (H)*”, se han seleccionado cinco localizaciones de muestreo de forma aleatoria dentro de cada zona climática con la finalidad de conocer como varia la radiación solar dentro de cada zona climática y cuál es la producción solar

en las cinco zonas climáticas que hay definidas en el territorio español. A continuación, en la tabla 2 aparecen dichas localizaciones.

Tabla con las localizaciones de muestreo.

Zona Climática I	Oviedo
	San Sebastián
	Pontevedra
	Santander
	Vitoria
Zona Climática II	Lugo
	Barcelona
	Pamplona
	Tragarcete (Cuenca)
	Valladolid
Zona Climática III	Cuenca
	Girona
	Logroño
	Zamora
	Los Yébenes (Toledo)
Zona Climática IV	Cádiz
	Ciudad Real
	Palma de Mallorca
	Murcia
	Zaragoza
Zona Climática V	Alicante
	Las Palmas de Gran Canaria
	Cáceres
	Melilla
	Sevilla

Tabla 2. Localizaciones de estudio dentro de cada zona climática. Fuente: Elaboración propia.

Con estas localizaciones para cada una de las zonas climáticas y con el programa PVGIS, obtenemos para cada una de ellas los siguientes datos: el ángulo de inclinación óptima (grados), la irradiancia recibida en un plano horizontal, anual y mensualmente ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$) y la irradiancia horaria mensualmente en un plano fijo (Wh/m^2).

- La irradiancia en un plano horizontal, es la energía solar que alcanza una superficie horizontal de un metro cuadrado a lo largo del día, y sus unidades son $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$.
- La irradiancia en un plano fijo, es la energía solar que recibe un plano que presenta un determinado ángulo (ángulo óptimo) respecto al plano horizontal, y además, está orientado hacia el sur, se mide en $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$.
- El ángulo óptimo, es el ángulo de inclinación óptima respecto a la horizontal, que se emplea para recibir la máxima radiación solar posible sobre una superficie plana que está orientada hacia el sur, esa superficie plana serían los receptores fotovoltaicos (módulo fotovoltaico).

Para poder obtener estos datos, con la citada herramienta informática se seleccionara el mapa de Europa para obtener los datos de todas las localidades menos para Las Palmas de Gran Canaria, que se ha de seleccionar el mapa de África – Asia (siendo la metodología igual) para poder introducir el nombre de la localidad o las coordenadas de la misma para obtener los datos que hacen referencia a la radiación solar mensual o diaria recibida.

De todos los datos que hacen referencia a la “Radiación solar mensual” que se obtendrían y que fueron citados en el apartado anterior, se escogerán los siguientes para poder realizar el estudio:

- El ángulo de inclinación óptima (I_{opt}), tanto mensual como anualmente (grados).
- Irradiación sobre plano horizontal (H_h), tanto mensual como anualmente ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$).
- Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima (H_{opt}), a nivel mensual y anualmente ($\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$).
- Temperatura a lo largo de 24 horas (T_{24h}), mensual como anualmente ($^{\circ}\text{C}$).

Con los valores obtenidos para cada localidad de la irradiancia anual sobre un plano horizontal en cada una de las zonas climáticas, se compararan estos valores con los propuestos en el *Documento Básico HE de ahorro de Energía* (Código Técnico de Edificación, 2013)

En el momento que ya se tienen los valores de cada localidad de la radiación solar mensual incidente en un plano horizontal, se calcularán los datos de la “Radiación diaria”. De donde se obtendrá para cada una de las localizaciones, la radiación diaria recibida a lo largo de un día medio para cada uno de los meses. Esta radiación recibida es en un plano fijo, es decir, es la irradiancia que recibe un receptor fotovoltaico para su inclinación óptima, la cual, fue obtenida en el proceso anterior. Además, con estos valores se puede calcular la irradiancia media diaria anual recibida en un plano fijo para cada una de las zonas climáticas (kWh/m²día).

Para obtener esta radiación diaria es necesario saber junto a las coordenadas de la localización, la inclinación óptima del receptor (grados) y su orientación (grados). Su orientación, será sur, ya que es la que mayor producción genera los módulos fotovoltaicos. Con estos parámetros se obtiene la Irradiancia global sobre un plano fijo (G) y la Irradiancia difusa sobre un plano fijo (G_d), ambas irradiancias poseen las siguientes unidades W/m² y son registradas cada 15 minutos desde que amanece hasta que atardece.

Con estos datos, se genera para cada mes una tabla que posee la radiación horaria recibida en un plano fijo que es registrada en un día medio en cada localidad para poder tener un promedio de ésta radiación recibida en el día y así, con ésta radiación se puede conocer la radiación que se recibe en un plano fijo en cada zona climática al mes y al año y obtener la radiación solar media diaria anual recibida en un plano con su inclinación óptima según la zona climática.

2.2. Creación de perfiles de consumo.

El siguiente proceso que se va a desarrollar en este trabajo es la creación de perfiles de consumo de una instalación tipo. Estos perfiles de consumo han de ser

horarios, ya que el dimensionamiento de la instalación tipo que se quiere realizar no puede ser con los datos de consumo diario ni con los datos de radiación solar diaria, debido a que se quiere ver si existe relación entre las horas de producción solar con las de mayor consumo de la instalación y, además, si influye su consumo con las horas punta, llano y valle de tarificación eléctrica.

Para ello, se van a crear varios tipos de perfiles de consumo horario, todos ellos van a tener un consumo anual de 3500 kWh. Este consumo se tomara como base de cálculo para calcular tanto los perfiles de consumo como la realización del dimensionado de la instalación tipo. A continuación, se explican detalladamente en qué consisten estos perfiles de consumo.

- Perfil de consumo A: este perfil de consumo horario será igual para todo el año, pero se realizará con varios solapamientos con respecto a la energía solar que se pueda generar en cada una de las zonas climáticas. Es decir, habrá un perfil de consumo horario que posea un solapamiento del 80% con respecto a la producción solar horaria que se obtiene en cada zona climática y un segundo perfil de consumo horario que posea un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar horaria existente en cada una de las zonas climáticas.
- Perfil de consumo B: este perfil de consumo horario, se relacionara con las horas de tarificación eléctrica, es decir, según la tarifa 3.0A eléctrica habrá un perfil de consumo para los meses de verano, donde el mayor consumo se produzca en las horas punta y un segundo perfil de consumo para los meses de invierno donde el mayor consumo se haga coincidir con las horas punta. Se ha escogido el mayor consumo en las horas punta, debido a que solo son 4 horas a lo largo de un día y además poseen un mayor coste si las comparamos con las horas llano y valle.

La finalidad de crear estos dos perfiles de consumo, tanto anual como por el periodo tarifario es para poder hacer después un estudio económico y ver si es rentable o no una instalación que posea el mismo consumo anual o se ajuste a las horas tarifarias.

El cálculo que se llevó a cabo para realizar el perfil de consumo A, fue crear un perfil horario diario a partir de esos 3500 kWh/año que se consumen en la instalación tipo. Donde habrá un perfil de consumo A con un 80% del consumo diario de la instalación en las horas en las que haya radiación solar y un segundo perfil de consumo A con el 50% del consumo de la instalación se de en las horas de radiación solar.

- Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento con la producción solar horaria de cada una de las zonas climáticas, se obtuvo que de esos 3500 kWh que se consumen anualmente, solo 2800 kWh al año son consumidos en las horas que coinciden con la radiación solar. En resumen, de esos 3500 kWh que se consumen al año, al día son consumidos 9,6 kWh, donde 7,6 kWh/día son consumidos con un solapamiento del 80% respecto a la producción solar.

$$\frac{3500 \text{ kWh}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 9,6 \text{ kWh/día}$$

$$\frac{9,6 \text{ kWh}}{\text{día}} \times 0,80 = 7,6 \text{ kWh/día}$$

- Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar de esos 3500 kWh al año, son consumidos en las horas de producción solar 1750 kWh/año. De los 9,6 kWh que se consumen al día, 4,8 kWh/día son consumidos con un solapamiento del 50% respecto a la producción solar.

$$\frac{3500 \text{ kWh}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 9,6 \text{ kWh/día}$$

$$\frac{9,6 \text{ kWh}}{\text{día}} \times 0,50 = 4,8 \text{ kWh/día}$$

Para crear el perfil de consumo B, sabiendo que en un año se consumen 3500 kWh, se dividirá ese consumo en dos, es decir, que según la *Orden ITC/2794/2007*, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de octubre de 2007 (España, 2007), para las tarifas de tres periodos de baja tensión (3.0A) hay diferencia horaria para los meses de verano y de invierno. Esto quiere decir, que hay diferencia horaria en los periodos correspondientes a las horas punta, llano y valle dependiendo de si es horario de verano o invierno. Para realizar este estudio, los cambios de horario de verano a invierno y viceversa, coincidirán con la fecha de cambio oficial de hora.

Para facilitar los cálculos de las cinco zonas climáticas, se consideraran los horarios de la zona 1 que propone el mercado eléctrico nacional en el que incluye a la mayoría de las Comunidades Autónomas excluyendo Baleares, Canarias y Ceuta y Melilla, además, se consideraran como meses de invierno desde el 1 de noviembre hasta el 31 de marzo y los meses de verano desde el 1 de abril hasta el 31 de octubre, para poder tener meses completos.

A continuación, se muestran las horas existentes a cada uno de los dos horarios definidos y sus periodos según la citada orden ITC. Esta orden modifica las horas punta y llano que se recogen en el *RD 1964/2001* (España, 2001), quedando definidas para ambos horarios de la siguiente manera:

- Horario de invierno:

Periodo punta: de 18 a 22 horas (4 h)

Periodo llano: de 8 a 18 horas y de 22 a 24 horas (12 h)

Periodo valle: de 0 a 8 horas (8h)

- Horario de verano:

Periodo punta: de 11 a 15 horas (4 h)

Periodo llano: de 8 a 11 horas y de 15 a 24 horas (12 h)

Periodo valle: de 0 a 8 horas (8 h)

Conociendo estos horarios y el consumo anual, se asumirá que en las horas punta exista el mayor consumo (el 75%) que se da a lo largo del día para ver si sería rentable o no económicamente, consumir en las horas en las que la energía cuesta más y si existe relación a consumir en las horas en las que exista radiación solar o no. Como se dijo anteriormente, los valores usados de la producción horaria solar serán los calculados en el apartado anterior en un plano fijo.

La creación del perfil de consumo B para el horario de invierno, se sabe que de esos 3500 kWh al año que se consumen, solo 9,6 kWh son al día, donde el 75% de ese consumo diario, 7,2 kWh/día se da en esas horas punta. Y este perfil de consumo B para el horario de verano, de esos 3500 kWh anuales son consumidos al día 9,6 kWh y el 75% de este consumo diario se da en las horas punta, siendo 7,2 kWh/día.

$$\frac{3500 \text{ kWh}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 9,6 \text{ kWh/día}$$

Para el horario de invierno:

$$150 \text{ días} \times \frac{9,6 \text{ kWh}}{\text{día}} = 1440 \text{ kWh}$$

$$1440 \text{ kWh} \times 0,75 = 1080 \text{ kWh} \rightarrow 7,2 \text{ kWh/día}$$

Para el horario de verano:

$$215 \text{ días} \times \frac{9,6 \text{ kWh}}{\text{día}} = 2064 \text{ kWh}$$

$$2064 \text{ kWh} \times 0,75 = 1548 \text{ kWh} \rightarrow 7,2 \text{ kWh/día}$$

En el apartado de “*Resultados y discusión*” de este trabajo, se muestran las tablas que hacen referencia a la radiación solar horaria y a los perfiles de consumo horarios, según el tipo de solapamiento escogido y según el horario de invierno y verano, además, estas tablas serán ilustradas con sus gráficas correspondientes, y así, se puede observar si existe relación entre las horas de producción solar y el consumo.

Tanto para los perfiles de consumo A como para los perfiles de consumo B, la radiación solar horaria que se ha usado, ha sido el promedio de la radiación solar horaria que se calculó en el apartado anterior para un plano fijo en cada una de las zonas climáticas. Se ha escogido ese plano fijo, ya que al tener una inclinación óptima los receptores fotovoltaicos, será mayor la producción de energía solar.

2.3. *Dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas con Sunny Design Web.*

Como se dijo anteriormente en el apartado de materiales, este programa on-line, Sunny Design Web, sirve para realizar el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas y sistemas híbridos fotovoltaicos. En el momento que ya se tienen los perfiles de consumo horarios diarios, para un consumo anual de 3500 kWh, se realiza el dimensionamiento de una instalación tipo, para ello, se han realizado tres instalaciones tipo para cada una de las zonas climáticas, es decir, en cada zona climática habrá una instalación tipo con:

- perfil de consumo A, con el 80% de solapamiento con respecto a la producción solar,
- perfil de consumo A, con el 50% de solapamiento con respecto a la producción solar, y,
- perfil de consumo B, donde el 75% del consumo se dará en las horas punta del horario de invierno y de verano.

La metodología para hacer estos dimensionamientos es igual para cada una de las instalaciones tipo a generar en cada zona climática, lo único que varía son los datos que hacen referencia a la climatología, los ángulos de inclinación óptima de cada zona climática y los perfiles de consumo. Seguidamente, se explica cómo se hizo el dimensionamiento de estas instalaciones tipo.

En primer lugar, se empieza por los datos del proyecto (instalación tipo) que hacen referencia al lugar del emplazamiento y el tipo de tensión de la instalación (baja tensión o alta tensión).

Para cada zona climática se introducirán los datos correspondientes de radiación y temperatura. En este caso, como se ha dicho con anterioridad, las instalaciones son de baja tensión, es decir, la conexión a la red del inversor es de baja tensión de 230 V (230V / 400V) con una tolerancia del 10%, la inyección a la red es trifásica, tiene en cuenta una carga desequilibrada máxima de 5 kVA, no se especifica el factor de desfase coseno de φ y sin límite de potencia activa prefijada. Para este tipo de instalaciones se van a considerar pérdidas de línea, tanto en corriente continua como en alterna para el rendimiento de la instalación.

En el momento que ya están introducidos los datos del proyecto, se va al siguiente paso que consistirá en “Definir el perfil de carga”. Es en este momento, se introducirán los perfiles de consumo que se han creado anteriormente para cada una de las simulaciones, el perfil de consumo A con un solapamiento del 80% respecto a la producción solar, el perfil de consumo A con un solapamiento respecto a la producción solar del 50% y el perfil de consumo B.

Una vez se ha introducido el perfil de consumo elegido para la instalación tipo, se “Configurará la planta”, donde el generador fotovoltaico se seleccionara para que se ajuste lo máximo posible a la potencia pico que se desea instalar, utilizando la base de datos del citado programa. La potencia pico (kWp), es la máxima potencia que se generará en los módulos fotovoltaicos de la instalación bajo unas condiciones estándar de medida, las cuales son: una irradiancia de 1000 W/m^2 , con una incidencia normal, a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y cuya distribución espectral AM 1,5 G.

Este programa ofrece una selección de módulos fotovoltaicos y de inversores para poder realizar el dimensionado de este tipo de instalaciones. A la hora de seleccionar el inversor, la potencia pico más pequeña que ofrece es de 1,5 kWp, entonces, con esta potencia pico a instalar del inversor y junto con los valores de referencia del consumo anual y la potencia pico del estudio de *Dimensionado de instalación fotovoltaica de autoconsumo con tarifas 3.0A y 3.1A con baterías* (EnerAgen, 2016), se determinó el consumo anual de la instalación, de ahí esos 3500 kWh anuales que se han tomado como base de cálculo, ya que los valores de cada zona climática eran muy parecidos y para trabajar con un mismo consumo en todas las instalaciones se determinaron esos 3500 kWh, para que sea más fácil el cálculo la potencia pico a instalar será la misma en todas las zonas climáticas.

Al hacer el dimensionamiento con este programa, da una selección de módulos fotovoltaicos, de los cuales se ha escogido el modelo Schüco MPE 195 PS 48 EA (05/2013), el cual posee una potencia pico de 195 Wp y como la potencia pico a instalar es de 1,5 kWp, se pondrán 8 módulos fotovoltaicos dando una potencia pico de 1,56 kWp. Además, en este mismo apartado de selección del módulo fotovoltaica se escogerá la inclinación que han de tener, para ello se introducirá la inclinación óptima que se ha obtenido anteriormente para cada una de las zonas climáticas y la orientación, la orientación de estos será sur y estarán colocados en el tejado de la instalación.

Una vez seleccionados los datos del generador fotovoltaico se seleccionara el inversor más adecuado a la instalación, en este caso el inversor tendrá una potencia pico de 1,5 kWp, ya que es la menor potencia que este programa ofrece. El inversor seleccionado para realizar estas instalaciones tipo ha sido SB 1.5-VL-40 teniendo un ratio de potencia nominal de 103% y su eficiencia del 95,5%. Al seleccionar el inversor, el programa genera los siguientes rendimientos:

- Rendimiento energético anual: 1874,10 kWh
- Rendimiento energético específico: 1201 kWh/kWp
- Coeficiente de rendimiento: 85,7%.
- Pérdidas de línea (% de la energía): 0,37%

Además, ofrece la compatibilidad obtenida entre el generador fotovoltaico y el inversor que son mostradas en la siguiente tabla (Tabla 3).

Tabla de compatibilidad entre generador fotovoltaico e inversor.

Parámetros	Inversor	Entada A
Potencia de corriente continua máxima	1,60 kW	1,56 kWp
Tensión de corriente continua mínima	50 V	165 V
Tensión fotovoltaica normal		180 V
Tensión de corriente continua máxima (inversor)	600 V	259 V
Corriente de entrada máxima por entrada de regulación del MPP	10 A	8,2 A
Corriente de cortocircuito máxima por entrada de regulación del MPP	10 A	8,7 A

Tabla 3. Características de compatibilidad entre generador fotovoltaico e inversor. Fuente: Sunny Design Web.

A la hora de crear el dimensionado de una instalación fotovoltaica de autoconsumo hay que tener presente que el generador y el inversor ha de ser compatibles y que gracias a sus parámetros de tensiones y corrientes se podrán colocar los paneles en serie y en paralelo, para ello, se necesita saber cuál es la máxima tensión del módulo en circuito abierto cuando la temperatura del módulo y la irradiancia son mínimas, el valor mínimo de la tensión del módulo que corresponde a la tensión en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico cuando la temperatura del módulo y la irradiancia son máximas y la máxima intensidad del módulo que sería la intensidad de cortocircuito cuando la temperatura del módulo y la irradiancia son máximas sobre él.

Por tanto, es necesario conocer el parámetro de la temperatura de la célula que se calcula mediante una expresión matemática y es necesaria la temperatura de operación nominal de la célula (TONC). Esta temperatura de operación nominal de la célula es un dato que viene proporcionado por el fabricante del módulo y que esta medida con una irradiancia de 800 W/m^2 , a una temperatura de 20°C , la velocidad del viento es de 1 m/s y su distribución espectral es de AM 1,5 G

En estas instalaciones tipo que se van a dimensionar se quiere aprovechar al máximo la energía que se genera, por tanto, se añadirá un equipo que limite la potencia activa, así, se puede gestionar la batería y limitar la inyección de la potencia activa. Para poderlo llevar a cabo, se incorporara a la instalación un equipo de medición interna, que estará conectado y configurado para medir la inyección a la red y el consumo de la red.

El siguiente paso es el “Dimensionado del cableado”, es el propio programa el que calcula el material de los cables, la longitud y la sección de estos, la corriente, la tensión, la caída de tensión y la pérdida relativa de potencia. Además, el propio programa, ofrece un esquema de cómo sería la instalación desde el módulo al inversor y desde éste hasta la conexión a red.

Cuando se llega a este punto del dimensionado se realiza la “Determinación del autoconsumo”, que se puede calcular con o sin optimización. En este caso si se realizara optimización del autoconsumo en la instalación al máximo y se hace con un equipo que gestione la energía y el almacenamiento temporal de la corriente solar sobrante. El equipo que gestiona la energía es una central de control que mide la energía para gestionarla. El equipo encargado del almacenamiento temporal de la corriente solar sobrante optimiza el autoconsumo con baterías de litio de alta tensión, el rango de tensión de la batería será de $120\text{-}500 \text{ V}$ con una capacidad de 3 kWh ya que es la capacidad más pequeña que deja instalar este programa.

En este momento, el propio programa proporciona algunos resultados y los muestra mediante gráficos como, cuota de autarquía y de autoconsumo con y sin optimización del autoconsumo, realiza un análisis del consumo y de la evolución de la carga ofreciendo gráficas como el consumo de la red, consumo de la red/hora día, curva característica de evolución de la carga, potencia máxima y mapa de potencia. En el

apartado de “*Resultados y discusión*” aparecen estos resultados para cada una de las instalaciones en las zonas climáticas.

La *cuota autárquica* es la relación existente entre el autoconsumo y el consumo total de la instalación, es decir, es la relación entre la energía que se produce en la instalación fotovoltaica y se consume y la demanda total de la energía eléctrica de la instalación. Si existe un mayor consumo en las horas en las que hay radiación solar la cuota de autarquía aumenta, aproximadamente 40-60%. La *cuota de autoconsumo* es la relación de autoconsumo con la energía generada por la instalación fotovoltaica, es decir, que es la relación entre la energía solar fotovoltaica consumida y la energía solar fotovoltaica producida. En este caso, se busca que sea del 100% para evitar verter a la red el exceso, esto se puede evitar almacenando esos excesos en baterías.

Este programa también permite hacer un “Análisis de rentabilidad” de la instalación, pero en este caso no se verá ya que el análisis económico y su rentabilidad se verá de otra forma, es decir, con el ahorro que se puede generar en la factura eléctrica y se hará un análisis económico más profundo.

2.4. *Estudio económico.*

En este apartado se desarrollará como se realizó el estudio económico, para esta instalación tipo que poseen un consumo anual de 3500 kWh, para cada una de las zonas climáticas existentes en España y para cada uno de los perfiles de consumo propuestos anteriormente. El procedimiento llevado a cabo, es igual para cada una de las instalaciones en las distintas zonas climáticas.

En primer lugar, se estudiará si existe ahorro comparando el coste anual de la instalación tipo sin autoconsumo y con autoconsumo. Para la instalación sin autoconsumo, se necesitan saber los peajes de acceso que vienen en la *Orden IET/107/2014* (España, 2014) por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014; para la instalación con autoconsumo se usaran los precios que están establecidos para los peajes de acceso de energía eléctrica para el año 2017, según la *Orden ETU/1976/2016* (España, 2016) para el peaje de acceso 3.0A y para

ambas instalaciones es necesario conocer el precio de la energía obtenido para el año 2016 por el OMIE en las horas punta, llano y valle. En segundo lugar, el periodo de retorno de la instalación.

Como se dijo anteriormente, esta instalación tipo, es de baja tensión, con tres periodos tarifarios a lo largo del día y su potencia de acometida a la red eléctrica será de 20 kW, por tanto, este tipo de instalación estará amparada bajo la tarifa de acceso 3.0A, es decir, que la tensión a la que se haga la acometida no será superior a 1 kV, así lo recoge el *RD 1164/2001* en su artículo 7 (España, 2001). Por tanto, una tarifa 3.0A se caracterizará por:

- Ser una tarifa eléctrica de baja tensión.
- Es una tarifa para potencias superiores a 15 kW.
- Posee tres periodos tarifarios: punta, llano y valle. Siendo una tarifa de discriminación horaria.
- La potencia es facturada por maxímetro.
- La energía reactiva que no se compense será penalizada.

Con esta tarifa se está en el mercado libre, esto quiere decir que, es el gobierno el que marca unos peajes de acceso que estarán regulados, además, de estos peajes de acceso se paga por la energía consumida a precio de mercado libre y luego cada comercializadora aplicará un margen de beneficio y las condiciones que vea necesarias. Estos peajes de acceso son una cuota que han de pagar todos los consumidores que se abastecen de la red eléctrica por el uso de esta infraestructura, para poder asumir el mantenimiento y la disponibilidad de la energía. Estos peajes de acceso se pagan en función de la potencia contratada y la energía consumida.

La potencia contratada viene recogida en el artículo 9 del *RD 1164/2001* (España, 2001), donde se define la determinación de los componentes de la facturación de las tarifas de acceso. *Las tarifas de acceso se componen de un término de facturación de potencia y un término de facturación de energía y, en su caso, un término por la facturación de la energía reactiva.*

En el apartado 1, del citado artículo dice: *Término de factura de potencia. – El término de facturación de potencia, el cálculo de la potencia a facturar que interviene en el mismo, así como la forma de proceder en el caso de modificación de las potencias contratadas a lo largo del año. La determinación de la potencia a facturar se realizará en función de las potencias contratadas en cada periodo tarifario y, en su caso, dependiendo de cada tarifa, las potencias realmente demandadas en el mismo durante el periodo de facturación considerado:*

- a) *Control y medición de la potencia demandada: El control de la potencia demandada se realizará mediante la instalación de los adecuados aparatos de control y medida según la modalidad de tarifa contratada. Tarifa 3.0A y 3.1A: el control de la potencia demandada se realizará mediante la instalación de los correspondientes aparatos de medida que registraran la potencia cuarto horaria máxima demandada en cada periodo tarifario, punta, llano o valle del periodo de facturación.*
- b) *Determinación de la potencia a facturar en cada periodo tarifario (P_{fi}): La determinación de la potencia a facturar en cada periodo tarifario (P_{fi}) para cada tarifa se realizará de la forma siguiente: Tarifa 3.0A y 3.1A: la potencia a facturar a considerar en la fórmula establecida para estas tarifas en el apartado 1.1 del presente artículo en cada periodo de facturación y cada periodo tarifario se calculará de la forma que se establece a continuación:*
 - a) *Si la potencia máxima demandada, registrada en el periodo de facturación, estuviese dentro del 85 al 105 por 100 respecto a la contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar (P_{fi}).*
 - b) *Si la potencia máxima demandada, registrada en el periodo de facturación, fuere superior al 105 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar en el periodo considerado (P_{fi}) será igual al valor registrado más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105 por 100 de la potencia contratada.*
 - c) *Si la potencia máxima demandada en el periodo a facturar fuere inferior al 85 por 100 de la potencia contratada, la potencia a facturar (P_{fi}) será igual al 85 por 100 de la citada potencia contratada.*

Esta tarifa posee tres periodos tarifarios, los cuales son: punta (son 4 horas al día), llano (son 12 horas al día) y valle (son 8 horas al día). Cada uno de estos periodos posee un precio distinto, es decir, las horas punta que suelen coincidir con las horas de mayor demanda poseen un mayor coste que las horas valle que tienen menor demanda

y, por ende, son más baratas. Además, hay diferencia de horario en el año, dependiendo de si se está en el horario de verano o de invierno. Este cambio de horario viene definido por el cambio de hora oficial.

Para facilitar los cálculos, serán tomados los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo para el horario de invierno, ya que este iría desde el último domingo de octubre hasta el último sábado de marzo, que es cuando se produce el cambio de hora oficial. Con respecto a los meses del horario de verano que irían desde el último domingo de marzo hasta el último sábado de octubre, se tomarán los siguientes meses enteros para facilitar los cálculos: abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

Además, el mercado eléctrico nacional se divide en cuatro zonas según las Comunidades Autónomas. En este trabajo, para hacer una aproximación, se cogerá la zona 1 que incluye a todas las Comunidades Autónomas de la Península Ibérica, excluyendo a Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla. Para la zona 1 la distribución de las horas del día en los tres periodos según el horario son los que aparecen en la tabla 4 y vienen recogidos en la *Orden ITC/2794/2007* (España, 2007).

Tabla con los horarios de invierno y verano según la tarifa 3.0A para la zona 1 del mercado eléctrico nacional.

Periodos	Horario de Invierno	Horario de Verano
Punta	de 18:00 a 22:00 h.	de 11:00 a 15:00 h.
Llano	de 08:00 a 18:00 h. y de 22:00 a 24:00 h.	de 08:00 a 11:00 h. y de 15:00 a 24:00 h.
Valle	de 00:00 a 08:00 h.	de 00:00 a 08:00 h.

Tabla 4. Horarios de tarificación según tarifa 3.0A para la zona 1 del mercado eléctrico nacional. Fuente: Orden ITC/2794/2007 (España, 2007).

Conociendo esta distribución de meses y de horas según el periodo tarifario para los horarios de invierno y de verano, para cada una de las instalaciones tipo diseñadas se obtendrá el consumo horario anual existente para cada uno de los horarios para la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo. De ésta manera, se sabe cuántos kWh se toman de la red con la instalación sin y con autoconsumo y la diferencia de estos

kWh dará los kWh que proporciona la instalación solar, es decir, los kWh autoconsumidos.

Para conocer el coste anual de la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo para cada uno de los perfiles en cada una de las zonas climáticas existentes, se necesita saber el consumo de la instalación que realiza de la red y lo que produce la instalación solar, además, de conocer los distintos costes de los peajes, el precio de la energía y otros costes asociados al sistema. En primer lugar, se explicara la metodología realizada para la instalación sin autoconsumo que será igual en las distintas zonas climáticas y seguidamente, la instalación con autoconsumo, que aquí sí que hay diferencias, dependiendo de la radiación solar incidente en cada zona y por consecuencia, los kWh que se tomen de la red deberán ser menores.

Para la instalación sin autoconsumo se necesita saber los siguientes datos para tener conocimiento del gasto que se va a realizar en un año.

- Los consumos anuales de la red en cada uno de los periodos (kWh).
- La potencia contratada (kW), es la potencia que tiene la instalación a la acometida de la red en cada uno de los periodos. En este estudio para poder hacer una aproximación se tomaran 20 kW de potencia anual como se comentó al inicio de este apartado.
- El precio del término potencia contratada (€/kW y año). Para este caso se ha tomado el precio de la *Orden IET/107/2014*, donde se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014 (España, 2014).
- El precio del término de energía (€/kWh), según la *Orden IET/107/2014* (España, 2014).
- Precio de la energía según el OMIE en el año 2016 (€/kWh), según los informes de la *Evolución del mercado de energía eléctrica* (OMIE, 2016) publicados para cada uno de los meses del año 2016.
- Se le aplicará el impuesto de la electricidad, que son 5,11269632%.
- Y el 21% de IVA.

Además, de estos valores, habría que tener en cuenta el alquiler de los equipos de medida pero para la realización de este estudio se van a obviar.

Para la instalación con autoconsumo se necesita saber los siguientes datos para tener conocimiento del gasto que se va a realizar en un año.

- La energía autoconsumida para cada uno de los periodos (kWh). Es la energía producida por los generadores fotovoltaicos.
- Los consumos anuales de la red en cada uno de los periodos (kWh).
- La potencia contratada (kW), es la potencia que tiene la instalación a la acometida de la red en cada uno de los periodos. Esta potencia será igual que la usada en el apartado anterior, es decir, 20 kW.
- El precio de la potencia contratada (€/kW y año), se tomara el precio del termino de potencia propuesto en la *Orden IET/107/2014*, (España, 2014).
- El precio del cargo variable que se aplica sobre el autoconsumo horario denominado cargo transitorio por energía autoconsumida en cada uno de los periodos definidos en la *Orden ETU/1976/2016* (España, 2016)
- El precio de la energía que se consume de la red en cada periodo (€/kWh), se calculara según el término de la energía que viene en la *Orden IET/107/2014* (España, 2014).
- Precio de la energía según el OMIE en el año 2016 (€/kWh), según los informes de la *Evolución del mercado de energía eléctrica* (OMIE, 2016) publicados para cada uno de los meses del año 2016.
- A los kWh que consumo de la red se les aplicara el impuesto de electricidad (5,11269632%).
- A los kWh que consumo de la red les aplico el 21% de IVA.

Conociendo el coste anual de la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo para cada uno de los perfiles propuestos en cada una de las zonas climáticas se obtiene el ahorro que se produce al año. Con este ahorro y sabiendo el coste de un wattio pico, se puede calcular el periodo de retorno.

Para ello, se tomará que el precio de un wattio pico es de 1 €, como la instalación tipo diseñada posee una potencia pico de 1,56 kWp, se tendrá un coste de la instalación de 1560 €.

$$\frac{1 \text{ €}}{\text{Wp}} \times \frac{1000 \text{ Wp}}{1 \text{ kWp}} \times 1,56 \text{ kWp} = 1560 \text{ €}$$

Se estima que la vida útil de una instalación solar fotovoltaica es de unos 30 años, viene recogido en el artículo 10 de la *Orden IET/2735/2015* (España, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

1. Resultados obtenidos con el PVGIS.

En primer lugar, se mostraran los resultados obtenidos de la herramienta PVGIS que hacen referencia a la irradiación anual recibida en un plano horizontal ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$) en cada una de las localidades escogidas dentro de cada zona climática, para poder comparar estas irradiaciones por las propuestas por el Código Técnico de Edificación; y seguidamente, serán mostrados los valores obtenidos de la irradiancia recibida en un plano fijo ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$).

Como se comentó anteriormente, esta irradiancia horizontal es la suma de la energía solar que alcanza una superficie de un metro cuadrado en un plano horizontal a lo largo de un día. Y la irradiancia en un plano fijo es la energía solar que alcanza una superficie de un metro cuadrado, pero ésta presenta un determinado ángulo (ángulo de inclinación óptima) respecto al plano horizontal a lo largo de un día, y además, está orientada hacia el sur.

En esta primera tabla (Tabla 5), se muestran las 5 localizaciones escogidas para cada zona climática, y para cada una de ellas aparecen la radiación media diaria recibida en un plano horizontal (H_h) y su ángulo óptimo que fueron obtenidos después de introducir en PVGIS los datos correspondientes a la localización.

Tabla con las localizaciones de muestreo y sus irradiancias en plano horizontal y ángulo óptimo de inclinación.

		Irradiancia media diaria recibida en un plano horizontal (Hh) (Wh/m²/día)	Ángulo óptimo (grados)
Zona Climática I	Oviedo	3700	38
	San Sebastián	3590	36
	Pontevedra	4320	36
	Santander	3490	36
	Vitoria	3870	34
Zona Climática II	Lugo	3960	35
	Barcelona	4630	37
	Pamplona	4110	35
	Tragarcete (Cuenca)	4480	34
	Valladolid	4590	34
Zona Climática III	Cuenca	4650	35
	Girona	4440	38
	Logroño	4160	35
	Zamora	4680	35
	Los Yébenes (Toledo)	4870	35
Zona Climática IV	Cádiz	5290	33
	Ciudad Real	4930	34
	Palma de Mallorca	4870	35
	Murcia	5040	34
	Zaragoza	4680	37
Zona Climática V	Alicante	4980	35
	Las Palmas de Gran Canaria	5060	27
	Cáceres	4970	34
	Melilla	5150	33
	Sevilla	5200	33

Tabla 5. Irradiancia media diaria recibida en plano horizontal y ángulo óptimo para cada localidad. Fuente: Elaboración propia.

Si se observan estos datos que hacen referencia a la radiación que se recibe en una superficie horizontal, se aprecia que a medida que las localidades se encuentran en latitudes más ecuatoriales (al sur), esta radiación aumenta. Sin embargo, al ángulo de inclinación óptimo le ocurre lo contrario, es decir, en latitudes más cercanas al Ecuador el ángulo óptimo disminuye, muestra de ello es la localidad de las Palmas de Gran Canaria que posee el menor ángulo de inclinación debido a que es la localización que más próxima al Ecuador se encuentra de las 25 localidades elegidas para este estudio.

Después de analizar estos valores de la radiación solar recibida en un plano horizontal serán comparados con los valores que aparecen en el documento *HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica del Documento Básico HE Ahorro de energía* (Código Técnico de Edificación, 2013). A continuación, se muestra la Tabla 6, que posee para cada zona climática la radiación solar global media diaria anual.

Tabla comparativa de la radiación en superficie horizontal según zonas climáticas.

Zona Climática	Radiación media diaria anual recibida sobre superficie horizontal (H) por el CTE (kWh/m²día)	Radiación media diaria anual recibida sobre superficie horizontal (H_h) calculada con el PVGIS (kWh/m²día)
I	H < 3,8	3,79
II	3,8 ≤ H < 4,2	4,35
III	4,2 ≤ H < 4,6	4,56
IV	4,6 ≤ H < 5,0	4,96
V	H ≥ 5,0	5,07

Tabla 6. Radiación solar global media diaria anual.

Si se comparan los valores que han sido obtenidos con la herramienta del PVGIS de la radiación solar recibida en un plano horizontal con los que propone el CTE, se observa que estos valores entran dentro del rango propuesto según la radiación solar global media diaria anual sobre una superficie horizontal (H). El único valor que se sale del rango es el obtenido en la Zona Climática II, esto se puede deber a que dos de sus localidades se encuentran muy próximas con los límites de la Zona Climática III (Valladolid y Tragarçete) y otra de ellas se encuentra localizada hacia el este de la península (Barcelona) recibiendo una mayor radiación. Con esta tabla se puede

corroborar lo dicho en la anterior tabla (Tabla 5), según se desplaza hacia el sur la radiación aumenta.

La Tabla 7, que aparece a continuación, muestra los valores mensuales de la radiación incidente recibida en un plano fijo para la Zona Climática I. Para poder llegar a esta tabla, previamente se calculó para cada mes la irradiancia horaria recibida en un plano fijo en un día medio del mes para cada una de las localidades, siendo este plano fijo el ángulo óptimo que han de tener los receptores solares para cada una de las localidades.

Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática I.

Meses	Días	Irradiación recibida en un plano fijo para un día medio del mes (Wh/m²día)	Irradiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m²)
Enero	31	2592,15	80,36
Febrero	28	3541,40	99,19
Marzo	31	4877,20	151,19
Abril	30	5025,60	150,77
Mayo	31	5188,65	160,85
Junio	30	5502,05	165,06
Julio	31	5735,50	177,80
Agosto	31	5620,40	174,23
Septiembre	30	5430,45	162,91
Octubre	31	4175,00	129,43
Noviembre	30	2745,75	82,37
Diciembre	31	2539,90	78,74
Total	365	52974,05	1612,87

Tabla 7. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

La irradiancia media diaria recibida en un plano fijo para la Zona Climática I es 4,42 kWh/m²día. Si se observan los valores de la tabla, se ve como los meses de mayor

radiación coinciden con los meses de verano. Para poderlo ver de una forma más visual, a continuación, se muestra una gráfica (Figura 1) en la que se representa la radiación recibida en un plano fijo para cada uno de los meses del año. En el eje de abscisas se representan los meses desde enero hasta diciembre y en el eje de ordenadas se representan en kWh/m² la radiación que se recibe en un plano fijo al mes.

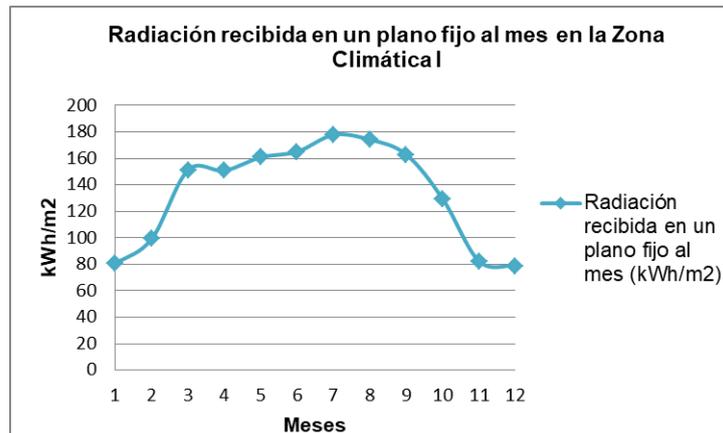


Figura 1. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m²) en la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8, se muestran los valores mensuales de la radiación incidente en un plano fijo para la Zona Climática II. Previamente se calculó para cada mes la irradiancia horaria recibida en un plano fijo en un día medio del mes para cada una de las localidades, siendo este plano fijo el ángulo óptimo que han de tener los receptores solares para cada una de las localidades.

Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática II.

Meses	Días	Irradiación recibida en un plano fijo para un día medio del mes (Wh/m ² día)	Irradiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²)
Enero	31	2951,00	91,48
Febrero	28	4110,20	115,09
Marzo	31	5344,80	165,69
Abril	30	5386,85	161,61
Mayo	31	5909,55	183,20
Junio	30	6523,75	195,71

Julio	31	6978,10	216,32
Agosto	31	6743,20	209,0
Septiembre	30	4698,15	140,94
Octubre	31	3271,15	101,41
Noviembre	30	3271,15	98,13
Diciembre	31	2866,35	88,86
Total	365	58054,25	1767,47

Tabla 8. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

La irradiación media diaria recibida en un plano fijo para la Zona Climática II es 4,84 kWh/m²día. Si se comparan estos valores con los anteriores, se aprecia cómo ha aumentado esa radiación recibida. Como es lógico, los meses de mayor radiación coinciden con los meses de verano. A continuación, se muestra la gráfica (Figura 2) con los valores de radiación recibida en un plano fijo (kWh/m²) para cada uno de los meses de dicha zona. En el eje de ordenadas se representa la radiación recibida en el plano fijo (kWh/m²) y en el eje de abscisas los meses del año.

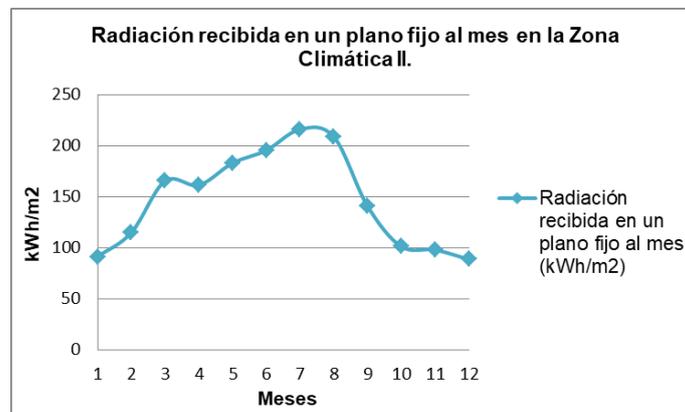


Figura 2. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m²) en la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9, que se muestra a continuación, contiene los valores mensuales de la radiación mensual incidente en un plano fijo para la Zona Climática III. Previamente se calculó para cada mes la irradiancia horaria recibida en un plano fijo en un día medio del mes para cada una de las localidades, siendo este plano fijo el ángulo óptimo que han de tener los receptores solares para cada una de las localidades.

Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática III.

Meses	Días	Irradiación recibida en un plano fijo para un día medio del mes (Wh/m ² día)	Irradiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²)
Enero	31	3396,45	105,29
Febrero	28	4537,95	127,06
Marzo	31	5604,65	173,74
Abril	30	5654,25	169,63
Mayo	31	6043,25	187,34
Junio	30	6679,90	200,40
Julio	31	7165,95	222,14
Agosto	31	6911,60	214,26
Septiembre	30	6130,40	183,91
Octubre	31	4996,20	154,88
Noviembre	30	3746,55	112,40
Diciembre	31	3234,00	100,25
Total	365	64101,15	1951,31

Tabla 9. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

La irradiación media diaria recibida en un plano fijo para la Zona Climática III es 5,35 kWh/m²día. Al observar los valores de la tabla, se aprecia como la radiación que incide en un plano fijo al mes va aumentando, y por ende, la radiación media diaria recibida en este plano fijo aumenta si se compara con las otras dos zonas climáticas que se han visto anteriormente. Son los meses de verano los que registran una mayor radiación, para verlo de una forma más visual, en la Figura 3, se muestra cómo evoluciona a lo largo del año la radiación recibida en un plano fijo (kWh/m²) para la Zona Climática III, representando en el eje de ordenadas esa radiación recibida (kWh/m²) y en el eje de abscisas los meses del año.

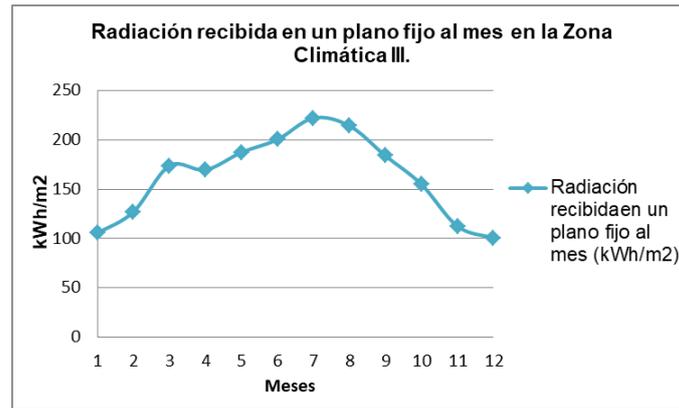


Figura 3. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m^2) en la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10, que aparece a continuación, muestra los valores mensuales de la radiación incidente en un plano fijo para la Zona Climática IV. Para poder llegar a esta tabla, previamente se calculó para cada mes la irradiancia horaria recibida en un plano fijo en un día medio del mes para cada una de las localidades, siendo este plano fijo el ángulo óptimo que han de tener los receptores solares para cada una de las localidades.

Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática IV.

Meses	Día	Irradiación recibida en un plano fijo para un día medio del mes ($\text{Wh/m}^2\text{día}$)	Irradiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m^2)
Enero	31	3909,80	121,20
Febrero	28	4995,45	139,87
Marzo	31	6130,10	190,03
Abril	30	6239,75	187,19
Mayo	31	6610,10	204,91
Junio	30	7012,20	210,37
Julio	31	7336,25	227,42
Agosto	31	7121,15	220,76
Septiembre	30	6315,25	189,46
Octubre	31	5466,95	169,48
Noviembre	30	4257,65	127,73

Diciembre	31	3662,90	113,55
Total	365	69057,55	2101,97

Tabla 10. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

La irradiación media diaria recibida en un plano fijo para la Zona Climática IV es 5,76 kWh/m²día. Observado estos valores, se ve como los meses de mayor radiación coinciden con los meses de verano, y además, la radiación que se recibe en el plano fijo aumenta tanto mensualmente como la media diaria si la comparamos con las anteriores zonas climáticas. Para visualizar mejor estos valores, en la Figura 4, muestra la gráfica donde se representa la radiación recibida en un plano fijo para cada uno de los meses del año de dicha zona, en el eje de abscisas están representados los meses del año y en el de ordenadas la radiación recibida en plano fijo (kWh/m²).

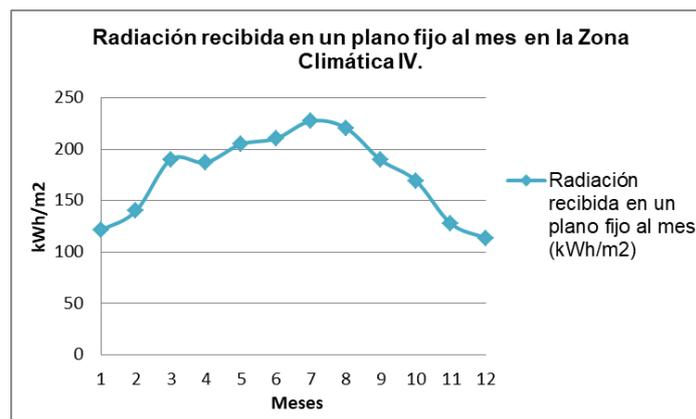


Figura 4. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m²) en la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 11, muestra los valores mensuales de radiación mensual incidente en un plano fijo para la Zona Climática V. Al igual que en las otras zonas climáticas, previamente se calculó para cada mes la irradiancia horaria recibida en un plano fijo en un día medio del mes para cada una de las localidades, siendo este plano fijo el ángulo óptimo que han de tener los receptores solares para cada una de las localidades.

Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática V.

Meses	Días	Irradiación recibida en un plano fijo para un día medio del mes (Wh/m ² día)	Irradiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m ²)
Enero	31	4298,30	133,25
Febrero	28	5128,90	143,61
Marzo	31	6112,50	189,49
Abril	30	6150,21	184,51
Mayo	31	6498,40	201,45
Junio	30	6755,75	202,67
Julio	31	6910,65	214,23
Agosto	31	6884,15	213,41
Septiembre	30	6277,95	188,34
Octubre	31	5638,90	174,81
Noviembre	30	4519,6	135,59
Diciembre	31	4027,05	124,84
Total	365	69202,36	2106,18

Tabla 11. Radiación recibida en un plano fijo para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

La irradiación media diaria recibida en un plano fijo para la Zona Climática V es 5,77 kWh/m²día. Si se comparan estos valores con el resto de los valores obtenidos para cada una de las zonas climáticas estudiadas anteriormente, se observan cómo han aumentado, tanto los valores de la radiación recibida en un plano fijo al mes, como la irradiancia media diaria recibida en el plano fijo. La Figura 5, muestra la gráfica de la radiación recibida en un plano fijo al mes para la Zona Climática V. En el eje de abscisas están representados los meses del año y en el eje de ordenadas en kWh/m² la radiación recibida en el plano fijo.

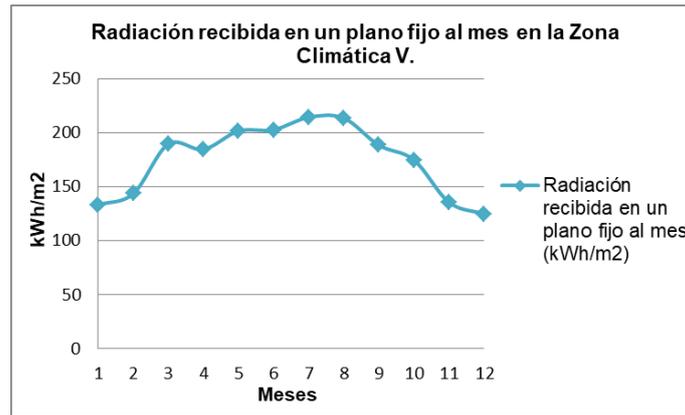


Figura 5. Radiación recibida en un plano fijo al mes (kWh/m^2) en la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

Para terminar con este apartado, a modo de resumen se muestra la Tabla 12, en la que aparece para cada zona climática, la radiación media diaria recibida en un plano fijo ($\text{kWh/m}^2\text{día}$) y el ángulo óptimo para cada una de las zonas climáticas existentes en España. Al igual que pasa con la radiación recibida en un plano fijo, ésta radiación aumenta según se aproxima a latitudes ecuatoriales.

Radiación media diaria en un plano fijo y ángulo de inclinación medio según las zonas climáticas.

Zona Climática	Radiación media diaria recibida en un plano fijo ($\text{kWh/m}^2\text{día}$)	Ángulo de inclinación óptimo (grados)
I	4,42	36
II	4,84	35
III	5,35	35,6
IV	5,76	34,6
V	5,77	32,4

Tabla 12. Radiación media diaria recibida en un plano fijo para cada zona climática y su ángulo de inclinación óptima. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 13, se muestra para cada una de las zonas climáticas la radiación media diaria recibida sobre una superficie horizontal ($\text{kWh/m}^2\text{día}$) y la radiación media diaria recibida en un plano fijo ($\text{kWh/m}^2\text{día}$), donde se corrobora que cuando la radiación solar incide sobre una superficie que posee una inclinación respecto a la horizontal, debido a su ángulo óptimo, la energía que se produce es mayor.

Comparación de la radiación recibida en plano horizontal y plano fijo según las zonas climáticas.

Zona Climática	Radiación media diaria recibida sobre superficie horizontal (kWh/m ² día)	Radiación media diaria recibida en un plano fijo (kWh/m ² día)
I	3,79	4,42
II	4,35	4,84
III	4,56	5,35
IV	4,96	5,76
V	5,07	5,77

Tabla 13. Comparación de la radiación media diaria recibida en un plano horizontal con la radiación media diaria recibida en un plano fijo. Fuente: Elaboración propia.

2. Perfiles de consumo.

2.1. Perfiles de consumo A.

A continuación, se muestran los perfiles de consumo A para cada una de las zonas climáticas. Estos perfiles de consumo son iguales para todo el año, es decir, que todos los días del año la instalación tipo posee el mismo consumo horario. Para ello, en primer lugar se comentará el perfil de consumo que posee un solapamiento con la producción solar del 80% y seguidamente el perfil de consumo que posee un solapamiento del 50% respecto a la producción solar.

Para el perfil de consumo A con un solapamiento del 80% respecto a la producción solar, se sabe que su consumo anual es de 3500 kWh, pero con ese porcentaje de solapamiento, solo se consumen al año en las horas de mayor radiación solar 2800 kWh/año. Es decir, que al día tenemos un consumo total de 9,6 kWh y de esos 9,6 kWh/día en las horas de producción solar, que van desde que amanece hasta que atardece se consumen 7,6 kWh/día.

El perfil de consumo A de 3500 kWh/año que posee un solapamiento del 50% con la radiación solar, se sabe que 1750 kWh/año son consumidos en las horas de mayor radiación solar, es decir, que de esos 9,6 kWh al día que se consumen, solo 4,8 kWh al día son consumidos en las horas de radiación solar.

Para poder verlo de una forma más clara se han creado para cada una de las zonas climáticas, una tabla que posee las horas de producción solar al día, el perfil de consumo A para ese solapamiento con la producción solar del 80% y el perfil de consumo A para ese solapamiento del 50% respecto a la producción solar. Junto a cada una de estas tablas aparecen sus gráficas correspondientes para ver de una forma más visual las horas de producción y de consumo horarias.

2.1.1. Perfil de consumo A (3500 kWh/año) para la Zona Climática I.

En la Tabla 14, se muestra la producción horaria recibida en un plano fijo y los perfiles de consumo A que hacen referencia a cada uno de los solapamientos descritos con la producción solar en la Zona Climática I.

Perfil de consumo A diario, según su solapamiento con la producción solar Zona Climática I.

Horas	Producción solar diaria (kWh)	Consumo A diario con 80% de solapamiento (kWh)	Consumo A diario con 50% de solapamiento (kWh)
0	0	0,2	0,6
1	0	0,2	0,6
2	0	0,2	0,6
3	0	0,2	0,6
4	0,001	0,25	0,3
5	0,016	0,35	0,3
6	0,062	0,4	0,3
7	0,176	0,45	0,3

8	0,327	0,55	0,3
9	0,449	0,55	0,3
10	0,535	0,6	0,3
11	0,579	0,6	0,3
12	0,579	0,6	0,3
13	0,535	0,55	0,3
14	0,449	0,55	0,3
15	0,327	0,55	0,3
16	0,178	0,45	0,3
17	0,064	0,45	0,3
18	0,017	0,35	0,3
19	0,002	0,35	0,3
20	0	0,3	0,6
21	0	0,3	0,6
22	0	0,3	0,6
23	0	0,3	0,6
Consumo total diario con solapamiento (kWh/día)		7,6	4,8
Consumo total diario (kWh/día)		9,6	9,6

Tabla 14. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6, muestra cómo evoluciona la producción solar a lo largo de un día y cómo evolucionan el perfil de consumo A a lo largo de un día para cada uno de los dos solapamientos definidos con respecto a la producción solar. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas en kWh se representa la energía que se genera y se consume para la Zona Climática I.

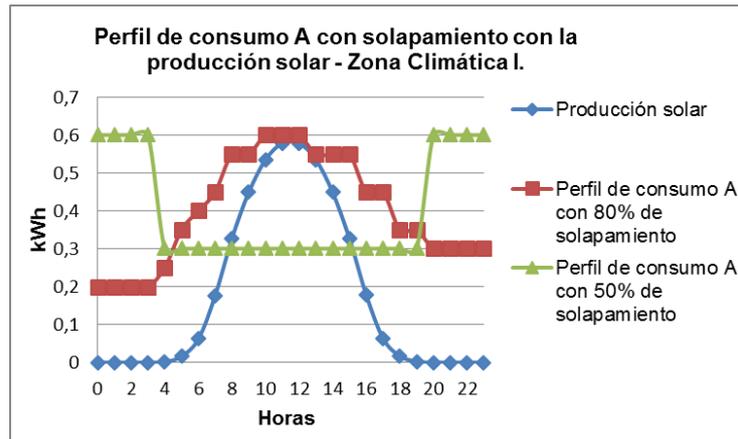


Figura 6. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Perfil de consumo A (3500 kWh/año) para la Zona Climática II.

En la Tabla 15, se muestra la producción horaria recibida en un plano fijo y los perfiles de consumo A que hacen referencia a cada uno de los dos solapamientos descritos con la producción solar de la Zona Climática II.

Perfil de consumo A diario, según su solapamiento con la producción solar Zona Climática II.

Horas	Producción solar diaria (kWh)	Consumo A diario con 80% de solapamiento (kWh)	Consumo A diario con 50% de solapamiento (kWh)
0	0	0,2	0,6
1	0	0,2	0,6
2	0	0,2	0,6
3	0	0,2	0,6
4	0,001	0,25	0,3
5	0,016	0,35	0,3
6	0,074	0,4	0,3
7	0,210	0,45	0,3
8	0,387	0,55	0,3
9	0,531	0,55	0,3

10	0,633	0,6	0,3
11	0,686	0,6	0,3
12	0,686	0,6	0,3
13	0,633	0,55	0,3
14	0,530	0,55	0,3
15	0,377	0,55	0,3
16	0,206	0,45	0,3
17	0,074	0,45	0,3
18	0,017	0,35	0,3
19	0,002	0,35	0,3
20	0	0,3	0,6
21	0	0,3	0,6
22	0	0,3	0,6
23	0	0,3	0,6
Consumo total diario con solapamiento (kWh/día)		7,6	4,8
Consumo total diario (kWh/día)		9,6	9,6

Tabla 15. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7, muestra cómo evoluciona la producción solar a lo largo de un día y cómo evolucionan el perfil de consumo A, a lo largo de un día para cada uno de los dos solapamientos definidos con respecto a la producción solar. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas en kWh, la energía que se produce y consume en la Zona Climática II.

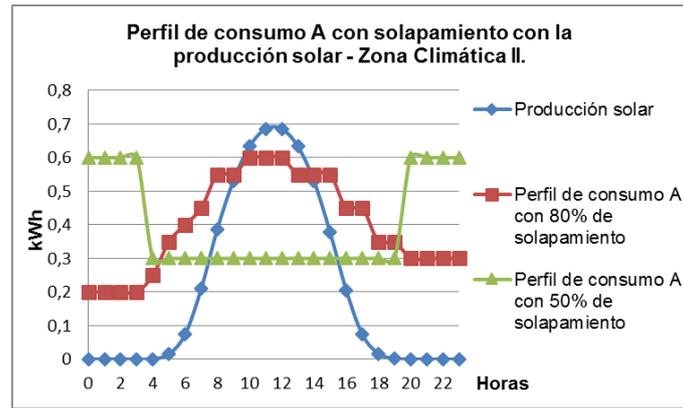


Figura 7. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Perfil de consumo A (3500 kWh/año) para la Zona Climática III.

En la Tabla 16, se muestra la producción solar horaria recibida en un plano fijo con los perfiles de consumo A que hacen referencia a cada uno de los solapamientos descritos con la producción solar para la Zona Climática III.

Perfil de consumo A diario, según su solapamiento con la producción solar Zona Climática III.

Horas	Producción solar diaria (kWh)	Consumo A diario con 80% de solapamiento (kWh)	Consumo A diario con 50% de solapamiento (kWh)
0	0	0,2	0,6
1	0	0,2	0,6
2	0	0,2	0,6
3	0	0,2	0,6
4	0,001	0,25	0,3
5	0,015	0,35	0,3
6	0,074	0,4	0,3
7	0,220	0,45	0,3
8	0,408	0,55	0,3
9	0,560	0,55	0,3
10	0,668	0,6	0,3

11	0,724	0,6	0,3
12	0,724	0,6	0,3
13	0,668	0,55	0,3
14	0,560	0,55	0,3
15	0,406	0,55	0,3
16	0,221	0,45	0,3
17	0,075	0,45	0,3
18	0,017	0,35	0,3
19	0,002	0,35	0,3
20	0	0,3	0,6
21	0	0,3	0,6
22	0	0,3	0,6
23	0	0,3	0,6
Consumo total diario con solapamiento (kWh/día)		7,6	4,8
Consumo total diario (kWh/día)		9,6	9,6

Tabla 16 Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8, muestra cómo evoluciona la producción solar a lo largo de un día y cómo evoluciona el perfil de consumo A existente a lo largo de un día para cada uno de los dos solapamientos definidos con respecto a la producción solar. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas en kWh la energía que se produce y consume para la Zona Climática III.

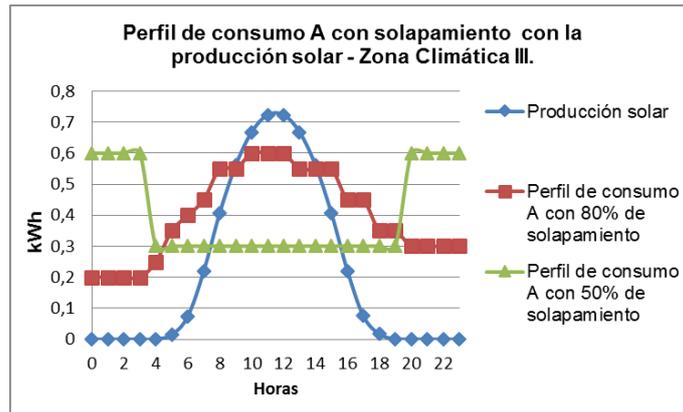


Figura 8. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Perfil de consumo A (3500 kWh/año) para la Zona Climática IV.

En la Tabla 17, se muestra la producción solar horaria recibida en un plano fijo con los perfiles de consumo A que hacen referencia a cada uno de los solapamientos descritos con la producción solar para la Zona Climática IV.

Perfil de consumo A diario, según su solapamiento con la producción solar Zona Climática IV.

Horas	Producción solar diaria (kWh)	Consumo A diario con 80% de solapamiento (kWh)	Consumo A diario con 50% de solapamiento (kWh)
0	0	0,2	0,6
1	0	0,2	0,6
2	0	0,2	0,6
3	0	0,2	0,6
4	0,001	0,25	0,3
5	0,013	0,35	0,3
6	0,075	0,4	0,3
7	0,239	0,45	0,3
8	0,441	0,55	0,3
9	0,605	0,55	0,3
10	0,720	0,6	0,3

11	0,780	0,6	0,3
12	0,780	0,6	0,3
13	0,720	0,55	0,3
14	0,605	0,55	0,3
15	0,441	0,55	0,3
16	0,243	0,45	0,3
17	0,077	0,45	0,3
18	0,015	0,35	0,3
19	0,001	0,35	0,3
20	0	0,3	0,6
21	0	0,3	0,6
22	0	0,3	0,6
23	0	0,3	0,6
Consumo total diario con solapamiento(kWh/día)		7,6	4,8
Consumo total diario (kWh/día)		9,6	9,6

Tabla 17. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9, muestra cómo evoluciona la producción solar a lo largo de un día y cómo evoluciona el perfil de consumo A existente a lo largo de un día para cada uno de los dos solapamientos definidos con respecto a la producción solar. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía que se produce y consume en kWh para la Zona Climática IV.

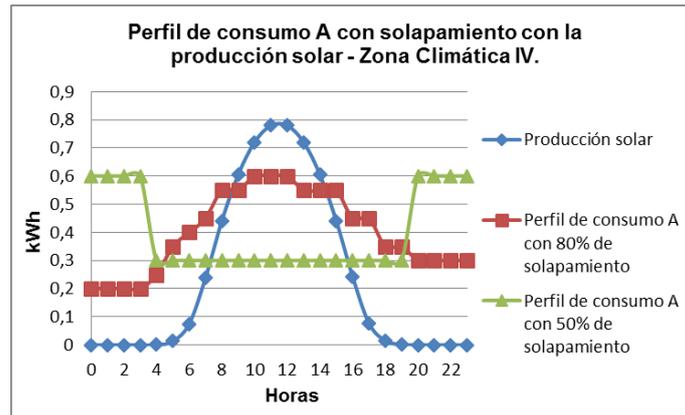


Figura 9. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

2.1.5. Perfil de consumo A (3500 kWh/año) para la Zona Climática V.

En la Tabla 18, se muestra la producción solar horaria recibida en un plano fijo con los perfiles de consumo A que hacen referencia a cada uno de los solapamientos descritos con la producción solar para la Zona Climática V.

Perfil de consumo A diario, según su solapamiento con la producción solar Zona Climática V.

Horas	Producción solar diaria (kWh)	Consumo A diario con 80% de solapamiento (kWh)	Consumo A diario con 50% de solapamiento (kWh)
0	0	0,2	0,53
1	0	0,2	0,53
2	0	0,2	0,53
3	0	0,2	0,53
4	0	0,25	0,53
5	0,013	0,35	0,32
6	0,078	0,4	0,32
7	0,252	0,45	0,32
8	0,449	0,5	0,32
9	0,605	0,55	0,32
10	0,714	0,6	0,32

11	0,769	0,65	0,32
12	0,769	0,7	0,32
13	0,714	0,65	0,32
14	0,605	0,6	0,32
15	0,449	0,55	0,32
16	0,254	0,45	0,32
17	0,081	0,45	0,32
18	0,016	0,35	0,32
19	0,001	0,35	0,32
20	0	0,3	0,53
21	0	0,25	0,54
22	0	0,2	0,54
23	0	0,2	0,54
Consumo total diario con solapamiento (kWh/día)		7,6	4,8
Consumo total diario (kWh/día)		9,6	9,6

Tabla 18. Producción horaria y perfil de consumo A horario según el solapamiento con la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10, muestra cómo evoluciona la producción solar a lo largo de un día y cómo evoluciona el perfil de consumo A existente a lo largo de un día para cada uno de los dos solapamientos definidos con respecto a la producción solar. En el eje de abscisas se representan las horas de un día y en el de ordenadas la energía producida y consumida para la Zona Climática V.

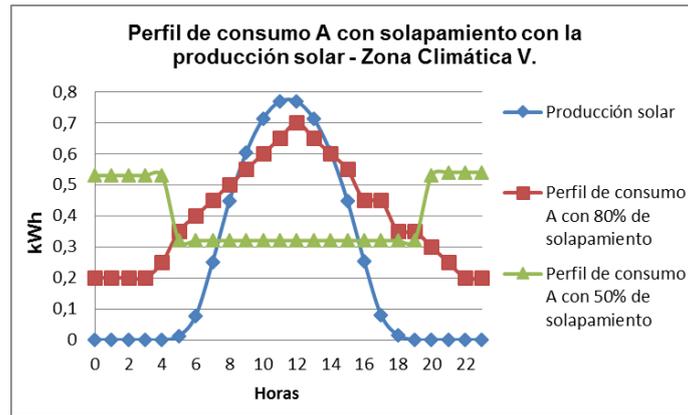


Figura 10. Perfil de consumo A con solapamiento con la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Perfiles de consumo B.

En este apartado serán mostrados los perfiles de consumo B que han sido creados según los horarios de invierno y verano según marca la *Orden ITC/2794/2007* (España, 2007) y en los que se ha considerado que el mayor consumo (el 75%) de la instalación sea en las horas punta de tarificación eléctrica para la tarifa de acceso 3.0A, así, para cada una de las zonas climáticas se han obtenidos dos perfiles de consumo, que a continuación se detallan:

- Perfil de consumo B diario para el horario de invierno: el horario de invierno contiene los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo y sus horas punta son desde las 18:00 horas hasta las 22:00 horas, donde el 75% del consumo de la instalación se dará en este rango de horas. De los 3500 kWh que se consumen anualmente, al día se consumen 9,6 kWh y de estos kWh al día son consumidos en el rango de horas punta 7,2 kWh/día.
- Perfil de consumo B diario para el horario de verano: el horario de verano lo formaran los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre y las horas punta se dan en las que hay producción solar, concretamente desde las 11:00 horas hasta las 15:00 horas, donde se dará el 75% del consumo eléctrico. De los 3500 kWh/año que se consumían, en este horario se van a consumir 9,6 kWh al día, donde 7,2 kWh/día, serán consumidos en las horas punta.

A continuación, se muestra para cada zona climática una tabla que contiene la producción de energía solar horaria recibida en un plano fijo a lo largo del día para el horario de invierno y de verano y los perfiles de consumo B diarios para dichos horarios.

2.2.1. Perfil de consumo B diario para el horario de invierno y de verano para la Zona Climática I.

En la Tabla 19, se muestran la producción solar horaria diaria (kWh) y los perfiles de consumo B (kWh) horarios diarios según los horarios de invierno y verano para la Zona Climática I.

Perfil de consumo B diario, según sus horarios, Zona Climática I.

Horas	Horario de Invierno		Horario de Verano	
	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)
0	0	0,12	0	0,12
1	0	0,12	0	0,12
2	0	0,12	0	0,12
3	0	0,12	0	0,12
4	0	0,12	0,002	0,12
5	0	0,12	0,027	0,12
6	0,012	0,12	0,097	0,12
7	0,085	0,12	0,241	0,12
8	0,239	0,12	0,390	0,12
9	0,360	0,12	0,512	0,12
10	0,444	0,12	0,600	0,12
11	0,487	0,12	0,645	1,6
12	0,487	0,12	0,645	2
13	0,444	0,12	0,600	2
14	0,360	0,12	0,512	1,6

15	0,239	0,12	0,390	0,12
16	0,091	0,12	0,241	0,12
17	0,014	0,12	0,099	0,12
18	0	1,6	0,029	0,12
19	0	2	0,004	0,12
20	0	2	0	0,12
21	0	1,6	0	0,12
22	0	0,12	0	0,12
23	0	0,12	0	0,12

Tabla 19. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, las Figura 11 y 12, correspondientes a cada uno de los perfiles de consumo B diarios generados para los dos horarios en la Zona Climática I. Las horas punta para el horario de invierno no coinciden con las horas en las que existe radiación solar, en cambio, para el horario de verano, si coinciden. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas los kWh que son consumidos y producidos.

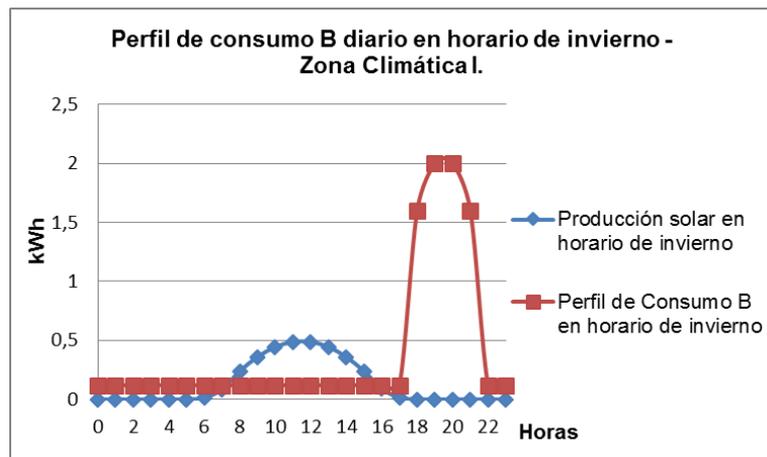


Figura 11. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

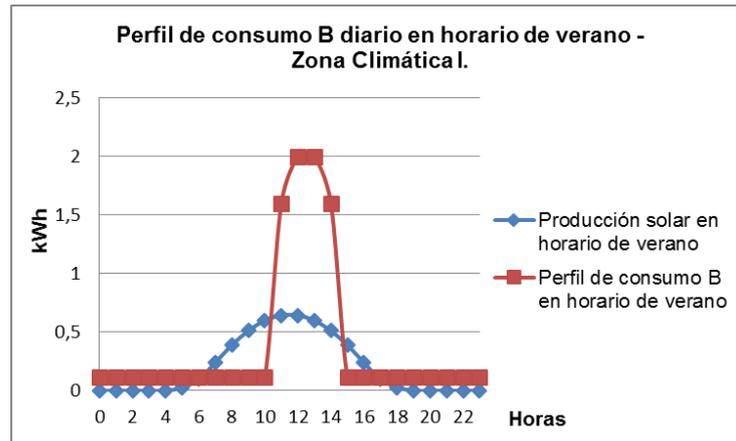


Figura 12. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Perfil de consumo B diario para el horario de invierno y de verano para la Zona Climática II.

En la Tabla 20, se muestran la producción solar horaria diaria (kWh) y los perfiles de consumo B (kWh) horarios diarios según los horarios de invierno y verano para la Zona Climática II.

Perfil de consumo B diario, según sus horarios, Zona Climática II.

Horas	Horario de Invierno		Horario de Verano	
	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)
0	0	0,12	0	0,12
1	0	0,12	0	0,12
2	0	0,12	0	0,12
3	0	0,12	0	0,12
4	0	0,12	0,001	0,12
5	0	0,12	0,027	0,12
6	0,013	0,12	0,117	0,12
7	0,098	0,12	0,289	0,12
8	0,276	0,12	0,466	0,12

9	0,414	0,12	0,616	0,12
10	0,509	0,12	0,722	0,12
11	0,558	0,12	0,777	1,6
12	0,558	0,12	0,777	2
13	0,509	0,12	0,722	2
14	0,411	0,12	0,616	1,6
15	0,253	0,12	0,466	0,12
16	0,095	0,12	0,285	0,12
17	0,014	0,12	0,117	0,12
18	0	1,6	0,029	0,12
19	0	2	0,003	0,12
20	0	2	0	0,12
21	0	1,6	0	0,12
22	0	0,12	0	0,12
23	0	0,12	0	0,12

Tabla 20. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 13 y 14, son correspondientes a cada uno de los perfiles de consumo B diario generados para los dos horarios en la Zona Climática II. En el horario de invierno no coinciden las horas punta con las horas con las horas de radiación solar, en cambio, para el horario de verano sí. En el eje de abscisas están representadas las horas del día y en el de ordenas los kWh que se producen y consumen.

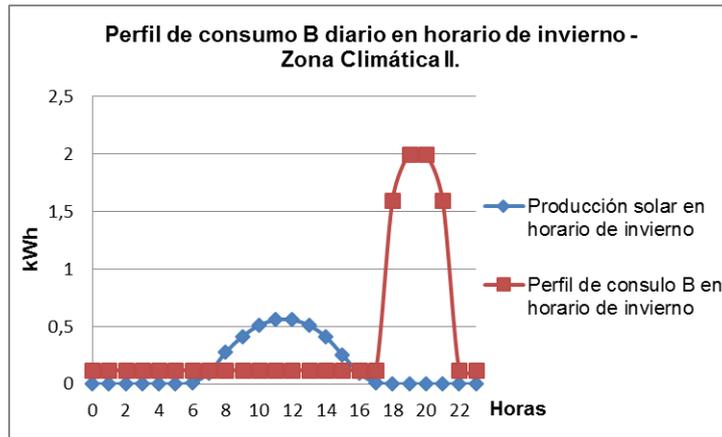


Figura 13. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

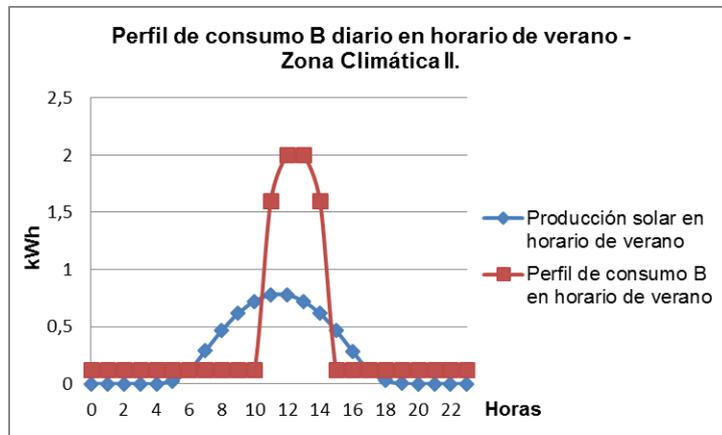


Figura 14. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Perfil de consumo B diario para el horario de invierno y de verano para la Zona Climática III.

En la Tabla 21, se muestran la producción solar horaria diaria (kWh) y los perfiles de consumo B (kWh) horarios diarios según los horarios de invierno y verano para la Zona Climática III.

Perfil de consumo B diario, según sus horarios, Zona Climática III.

Horas	Horario de Invierno		Horario de Verano	
	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)

0	0	0,12	0	0,12
1	0	0,12	0	0,12
2	0	0,12	0	0,12
3	0	0,12	0	0,12
4	0	0,12	0,001	0,12
5	0	0,12	0,026	0,12
6	0,014	0,12	0,117	0,12
7	0,112	0,12	0,297	0,12
8	0,305	0,12	0,481	0,12
9	0,454	0,12	0,637	0,12
10	0,557	0,12	0,748	0,12
11	0,610	0,12	0,804	1,6
12	0,610	0,12	0,804	2
13	0,557	0,12	0,748	2
14	0,454	0,12	0,637	1,6
15	0,302	0,12	0,481	0,12
16	0,115	0,12	0,296	0,12
17	0,015	0,12	0,118	0,12
18	0	1,6	0,028	0,12
19	0	2	0,003	0,12
20	0	2	0	0,12
21	0	1,6	0	0,12
22	0	0,12	0	0,12
23	0	0,12	0	0,12

Tabla 21. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 15 y 16, correspondientes a cada una de los perfiles de consumo B diarios generados para los dos horarios en la Zona Climática III. Como ocurre en los otros casos, el horario de invierno no coincide las horas punta con las horas en las que

existe mayor radiación solar, en cambio, en el horario de verano sí. En el eje de abscisas son representadas las horas del día y en el de ordenadas los kWh que son producidos y consumidos.

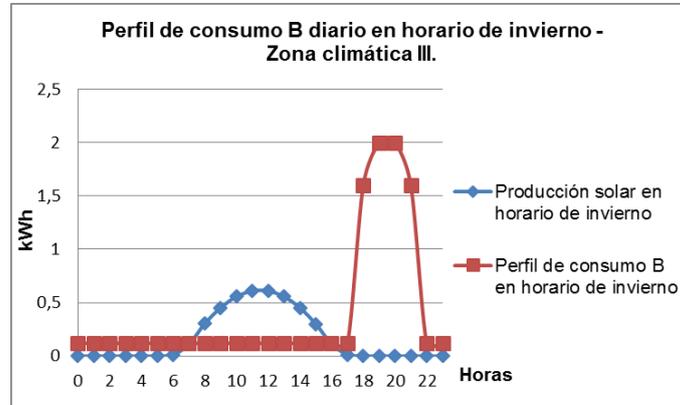


Figura 15. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

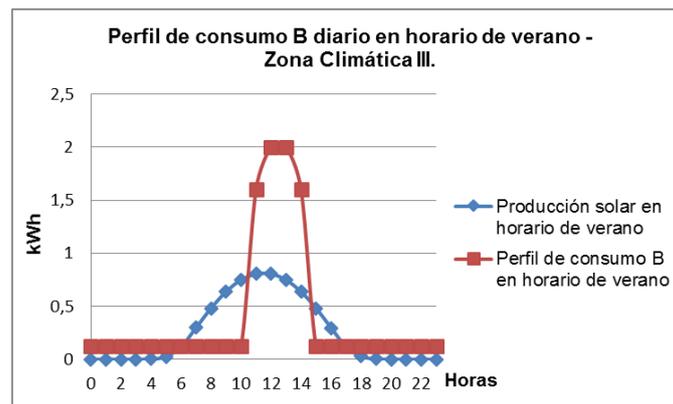


Figura 16. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Perfil de consumo B diario para el horario de invierno y de verano para la Zona Climática IV.

En la Tabla 22, se muestran la producción solar horaria diaria (kWh) y los perfiles de consumo B (kWh) horarios diarios según los horarios de invierno y verano para la Zona Climática IV.

Perfil de consumo B diario, según sus horarios, Zona Climática IV.

Horas	Horario de Invierno		Horario de Verano	
	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)
0	0	0,12	0	0,12
1	0	0,12	0	0,12
2	0	0,12	0	0,12
3	0	0,12	0	0,12
4	0	0,12	0,001	0,12
5	0	0,12	0,023	0,12
6	0,016	0,12	0,117	0,12
7	0,140	0,12	0,310	0,12
8	0,347	0,12	0,509	0,12
9	0,504	0,12	0,677	0,12
10	0,614	0,12	0,796	0,12
11	0,670	0,12	0,858	1,6
12	0,670	0,12	0,858	2
13	0,614	0,12	0,796	2
14	0,504	0,12	0,677	1,6
15	0,347	0,12	0,509	0,12
16	0,148	0,12	0,310	0,12
17	0,019	0,12	0,118	0,12
18	0	1,6	0,025	0,12
19	0	2	0,003	0,12
20	0	2	0	0,12
21	0	1,6	0	0,12
22	0	0,12	0	0,12
23	0	0,12	0	0,12

Tabla 22. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 17 y 18, corresponden a cada uno de los perfiles de consumo B diarios generados para los dos horarios en la Zona Climática IV. Las horas punta del horario de invierno no coinciden con las de radiación solar, pero, en el horario de verano sí. En el eje de abscisas están representadas las horas del día y en el eje de ordenadas los kWh que son consumidos y producidos.

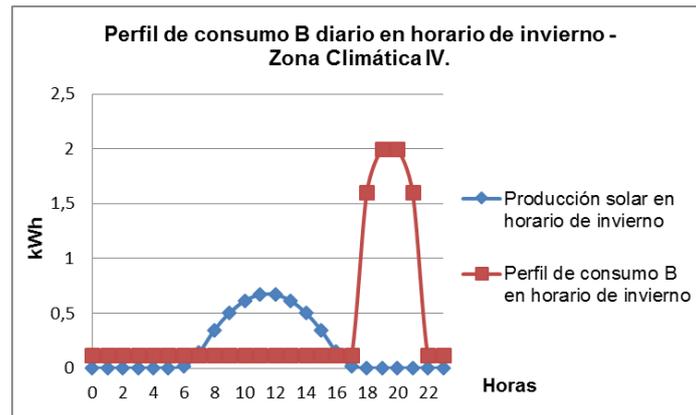


Figura 17. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

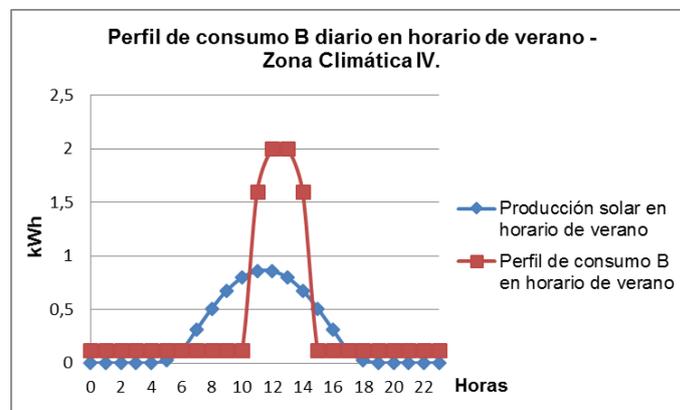


Figura 18. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Perfil de consumo B diario para el horario de invierno y de verano para la Zona Climática V.

En la Tabla 23, se muestran la producción solar horaria diaria (kWh) y los perfiles de consumo B (kWh) horarios diarios según los horarios de invierno y verano para la Zona Climática V.

Perfil de consumo B diario, según sus horarios, Zona Climática V.

Horas	Horario de Invierno		Horario de Verano	
	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)	Producción solar (kWh)	Perfil de consumo B (kWh)
0	0	0,12	0	0,12
1	0	0,12	0	0,12
2	0	0,12	0	0,12
3	0	0,12	0	0,12
4	0	0,12	0	0,12
5	0	0,12	0,021	0,12
6	0,019	0,12	0,120	0,12
7	0,166	0,12	0,313	0,12
8	0,373	0,12	0,503	0,12
9	0,527	0,12	0,661	0,12
10	0,633	0,12	0,771	0,12
11	0,687	0,12	0,828	1,6
12	0,687	0,12	0,828	2
13	0,633	0,12	0,771	2
14	0,527	0,12	0,662	1,6
15	0,373	0,12	0,504	0,12
16	0,173	0,12	0,313	0,12
17	0,023	0,12	0,122	0,12
18	0	1,6	0,026	0,12

19	0	2	0,001	0,12
20	0	2	0	0,12
21	0	1,6	0	0,12
22	0	0,12	0	0,12
23	0	0,12	0	0,12

Tabla 23. Producción solar diaria y perfil de consumo B diario para el horario de invierno y verano para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 19 y 20, corresponden a cada uno de los perfiles de consumo B diarios generados para los dos horarios en la Zona Climática V. Las horas punta del horario de invierno no coinciden con las de radiación solar, pero, en el horario de verano sí. En el eje de abscisas son representadas las horas del día y en el de ordenadas los kW que son consumidos y producidos.

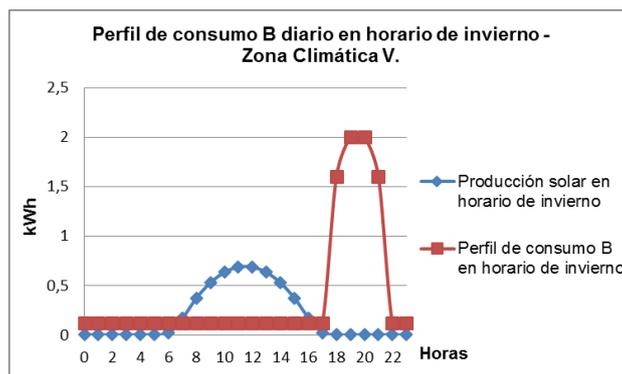


Figura 19. Perfil de consumo B diario en horario de invierno, Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

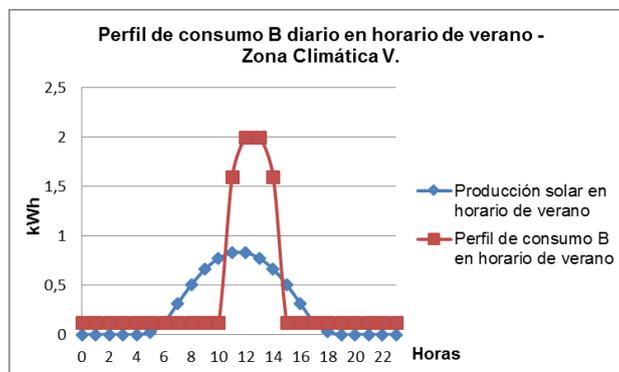


Figura 20. Perfil de consumo B diario en horario de verano, Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

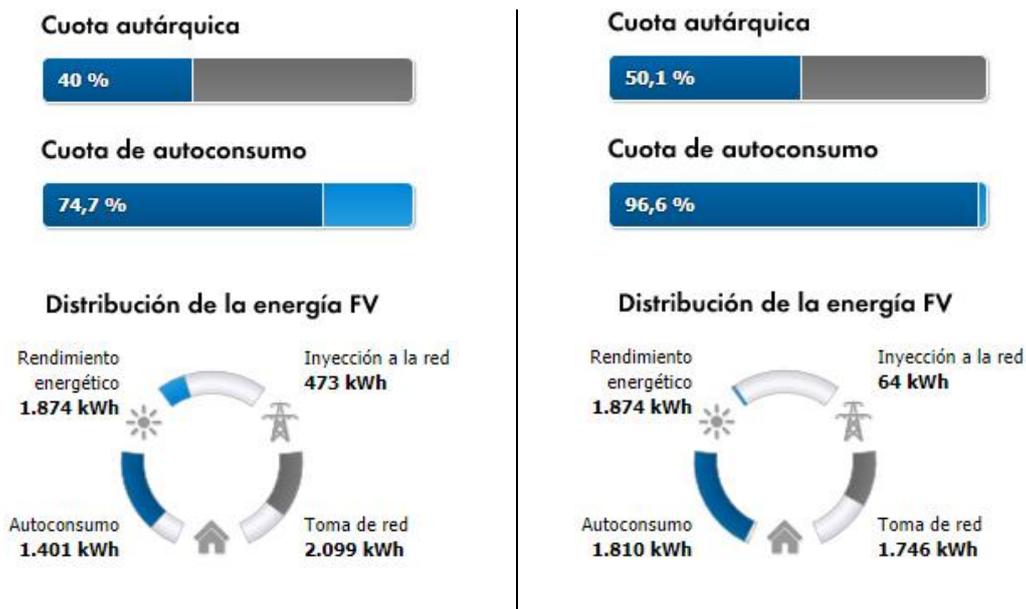
3. Resultados obtenidos del dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas para los perfiles creados con el Sunny Design Web.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos dentro de cada una de las zonas climáticas según los perfiles de consumo generados y que han sido explicados con anterioridad.

3.1. Resultados obtenidos para la Zona Climática I.

3.1.1. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En las Figuras 21 y 22, se muestra un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, que es constante a lo largo de todo el año y posee un solapamiento del 80% con la producción solar para la Zona Climática I. Son comparados los resultados de las cuotas de autarquía y de autoconsumo sin equipos optimizadores de energía (izquierda) y con equipos optimizadores de energía (derecha).



Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	1.874 kWh
Inyección a la red	473 kWh
Toma de red	2.099 kWh
Autoconsumo	1.401 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	74,7 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	40 %

Figura 21. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	1.874 kWh
Inyección a la red	64 kWh
Toma de red	1.746 kWh
Autoconsumo	1.810 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	96,6 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	50,1 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	136

Figura 22. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona climática I). Fuente: Sunny Design Web.

Como se dijo anteriormente, la cuota de autarquía es la proporción de energía generada por el sistema fotovoltaico en relación con la totalidad del suministro energético y la cuota de autoconsumo es la relación entre la energía fotovoltaica consumida y producida. Estas dos cuotas, en el momento que a una instalación se le instala un equipo que controle la energía (optimizador) aumentan sus valores, también, se ve reflejado en la energía que se inyecta a la red y en la toma de ésta de la red que disminuyen y el autoconsumo aumenta.

En la Figura 23, se muestra gráficamente cuanta energía se ha consumido a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo se han consumidos los 3500 kWh/año y con autoconsumo han sido 1746 kWh anuales. La diferencia de estos dos valores da la energía que se consume de la instalación fotovoltaica, siendo este la cuota de autarquía. En el eje de abscisas se representan las instalaciones y en el eje de ordenadas la energía anual que se consume de la red en kWh.

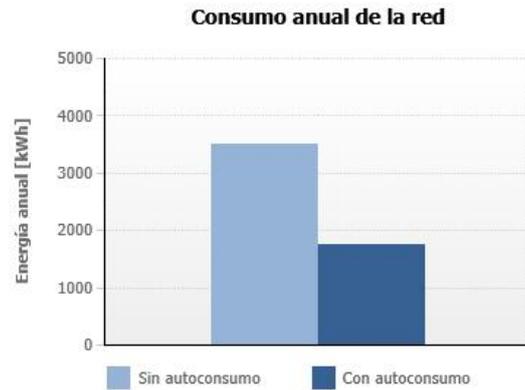


Figura 23. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 24, muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las de radiación solar en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor. Debido a un sistema de almacenamiento de la energía se puede ver con en ciertas horas en las que no hay radiación solar, en la instalación con autoconsumo, el suministro de energía eléctrica también es menor. En el eje de abscisas son representadas las horas que tiene un día y en el eje de ordenadas se representa la energía anual que se consume de la red en kWh.

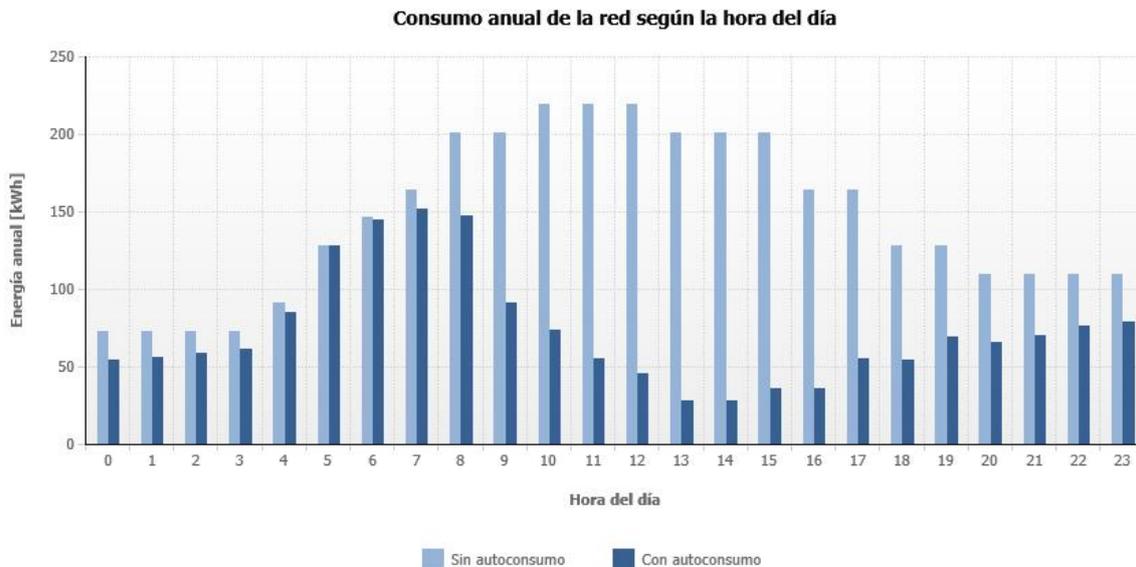


Figura 24. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 25, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Con esta gráfica se puede ver como varía la potencia pico de la instalación, y además, la frecuencia en la que se dan estos picos. Así, se puede ver el porcentaje de horas al año que se está por encima de una potencia determinada, por tanto, se puede estudiar reducir la potencia contratada y asumir los sobrecostes asociados, para ello, el ahorro derivado de la reducción de la potencia que se contrate no supere el sobrecoste causado por los picos de consumo.

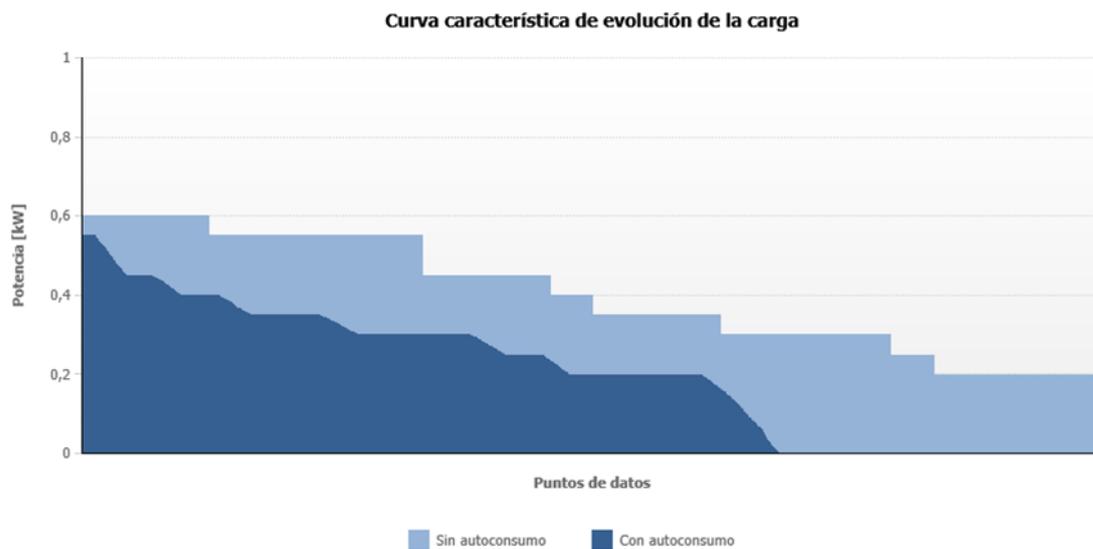


Figura 25. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 26, se muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Esta carga se utiliza en algunas tarifas eléctricas como potencia de facturación mensual. Se observa como en la instalación sin autoconsumo todos los meses poseen la misma carga, en cambio, para la instalación con autoconsumo hay diferencias. En el eje de abscisas se encuentran representados los meses del año y en el eje de ordenadas la potencia necesaria que se necesita (kW).

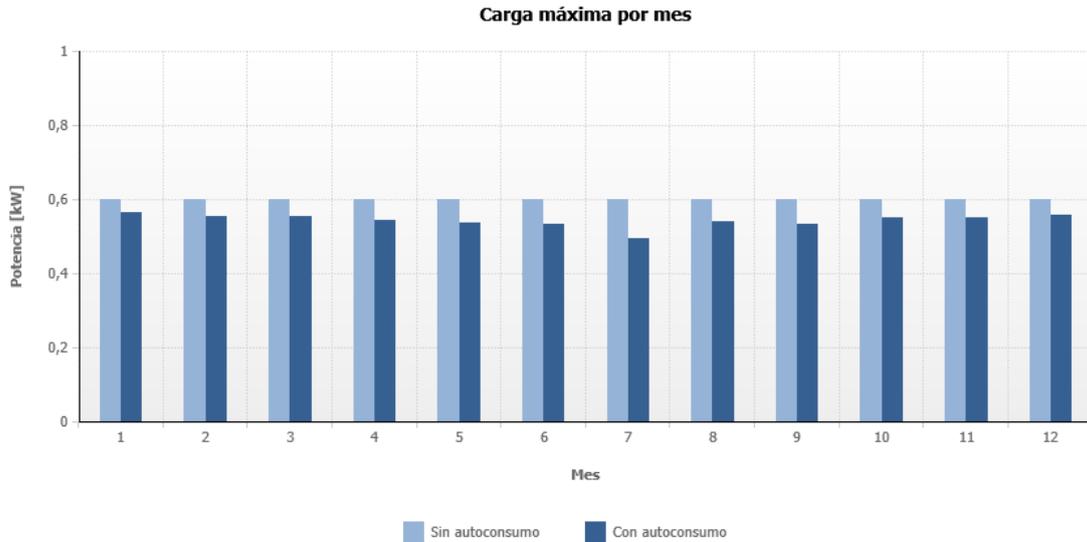
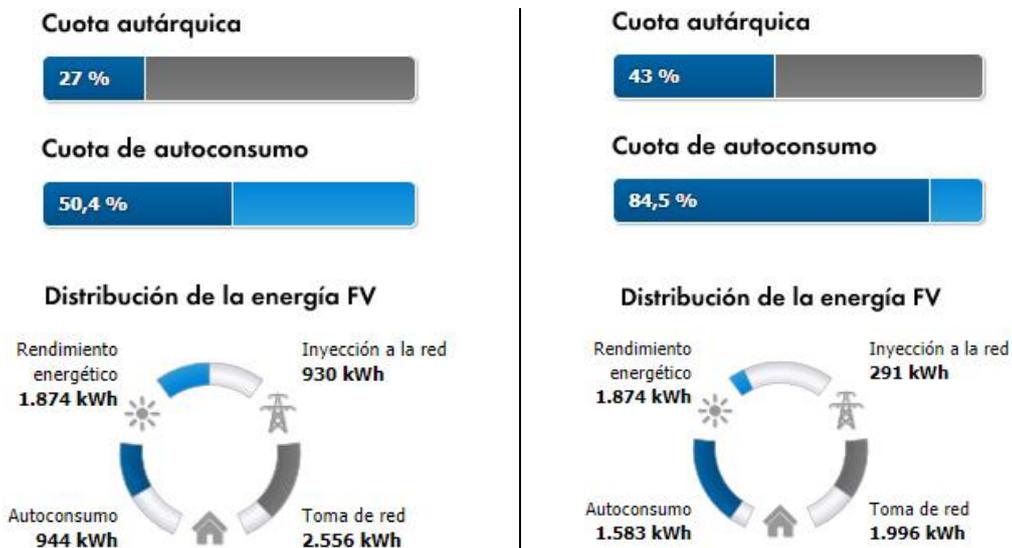


Figura 26. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.1.2. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 27 y 28, tienen un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, siendo constante a lo largo de todo el año, el cual posee un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar en la Zona Climática I. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación sin optimización y en la de la derecha la instalación con equipos optimizadores de energía.



Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	1.874 kWh
Inyección a la red	930 kWh
Toma de red	2.556 kWh
Autoconsumo	944 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	50,4 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	27 %

Figura 27. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	1.874 kWh
Inyección a la red	291 kWh
Toma de red	1.996 kWh
Autoconsumo	1.583 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	84,5 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	43 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	213

Figura 28. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

Si se comparan estos resultados con los obtenidos para el perfil de consumo A con un solapamiento del 80% respecto a la producción solar, se observa que las cuotas de autarquía y de autoconsumo obtenidas en este nuevo perfil son menores. No solo hay diferencia en estas cuotas, sino que también se ven modificados otros parámetros, como la inyección de energía a la red, toma de energía de la red que son mayores en esta instalación con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar y el autoconsumo es menor con este perfil de consumo. Se puede decir, que este tipo de instalaciones funcionan mejor cuando tienen un mayor solapamiento del consumo respecto a la producción solar.

La Figura 29, muestra gráficamente cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo son 3500 kWh y con autoconsumo 1996 kWh que necesita tomar de la red para abastecerse. Como se ha dicho anteriormente, el consumo de la red para este tipo de perfil ha aumentado y como consecuencia de esta grafica se ve como la cuota de autarquía disminuye. En el eje de abscisas están representadas ambas instalaciones y en el eje de ordenadas en la energía anual que se consume de la red en kWh.

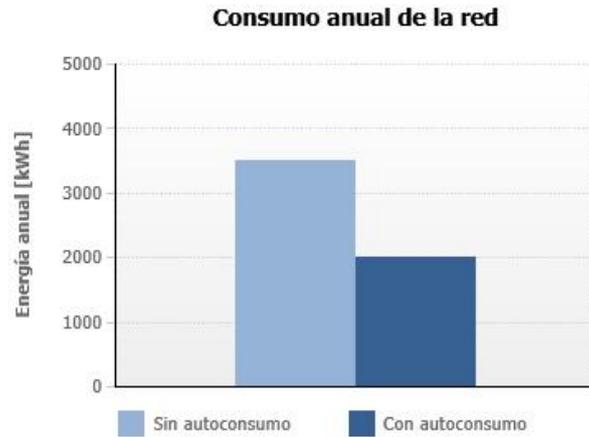


Figura 29. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 30, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que tienen radiación solar, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor, llegando casi a ser nula en determinadas horas. También, se aprecia como en la instalación con autoconsumo, el gasto de la energía que se toma de la red es menor, debido al uso de baterías. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía anual que se consume de la red (kWh).

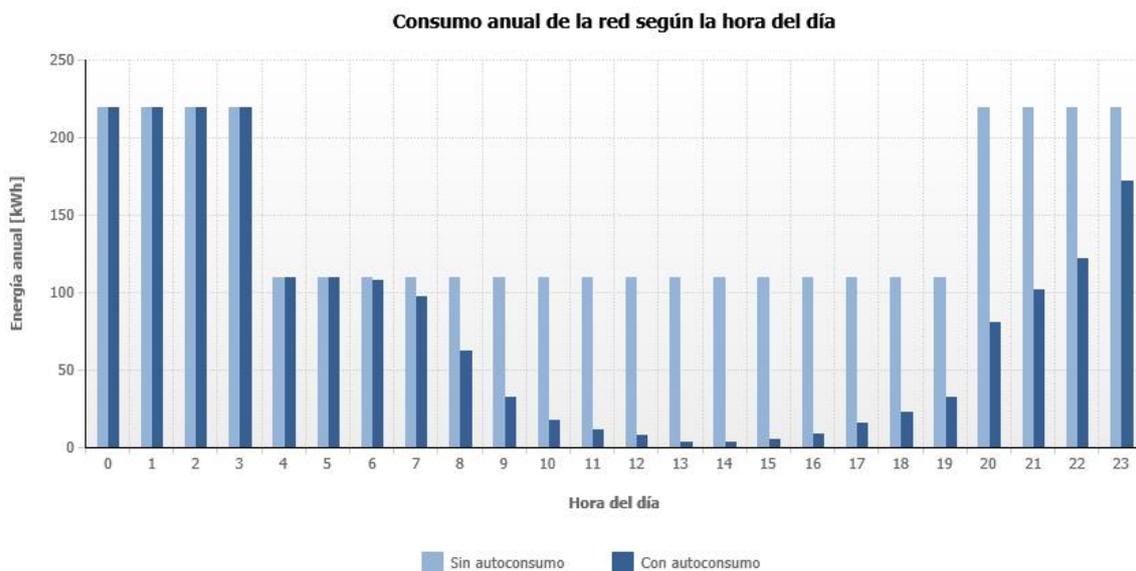


Figura 30. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 31, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Al igual que se explicó en el apartado anterior, permite estudiar la tarifa eléctrica.

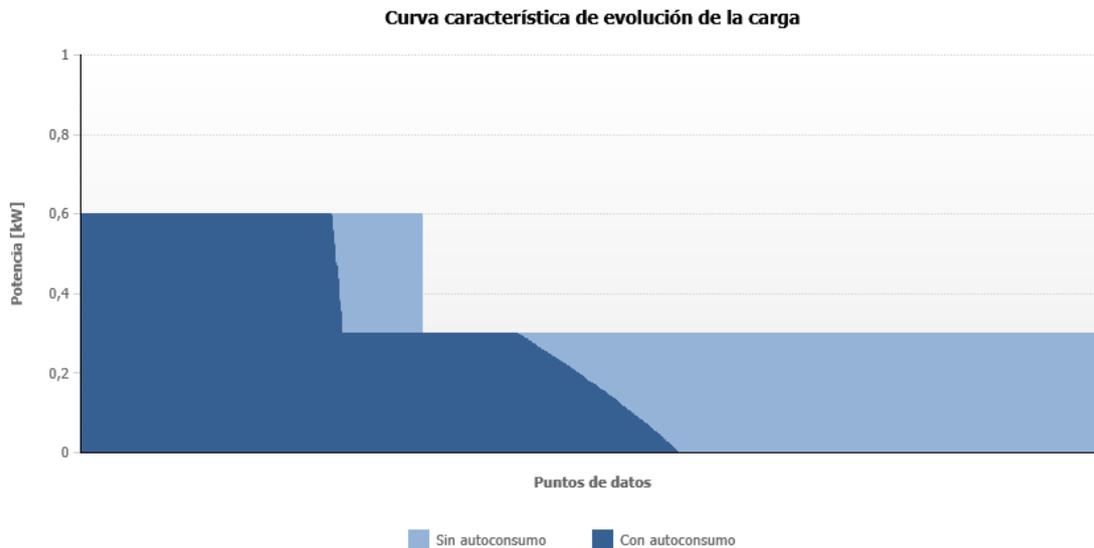


Figura 31. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 32, se muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Se observa en esta instalación tipo que todos los meses poseen la misma potencia tanto para la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas la potencia en kW.

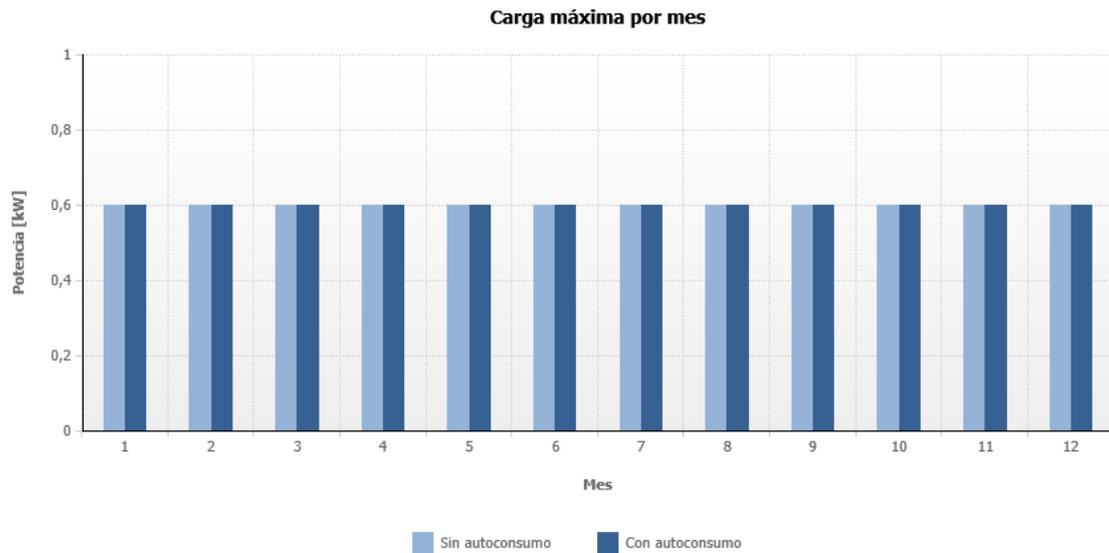


Figura 32. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática I). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.1.3. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo B, con horario de verano e invierno.

Como se comentó con anterioridad, se creó un segundo perfil de consumo que estará dividido en dos, dependiendo de los meses del año y según la distinción que hace el *RD 1164/2001* (España, 2001), en el que diferencia un horario de invierno y otro de verano para la tarificación del consumo eléctrico. Por tanto, este consumo anual no será igual a lo largo del año. Además, según recoge la *Orden ITC/2794/2007* (España, 2007) para la tarifa 3.0A hay discriminación horaria teniendo periodos en un día (punta, llano y valle). En este caso se asume que el mayor consumo se de en las horas punta, según la citada Orden.

A continuación, se muestra un resumen en las Figura 33 y 34 de esta instalación tipo con un consumo anual de 3500 kWh para la Zona Climática I. En la figura de la izquierda están los resultados de la instalación tipo sin equipos de optimización de la energía y en la de la derecha están los resultados de la instalación con equipos de optimización de energía.



Figura 33. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

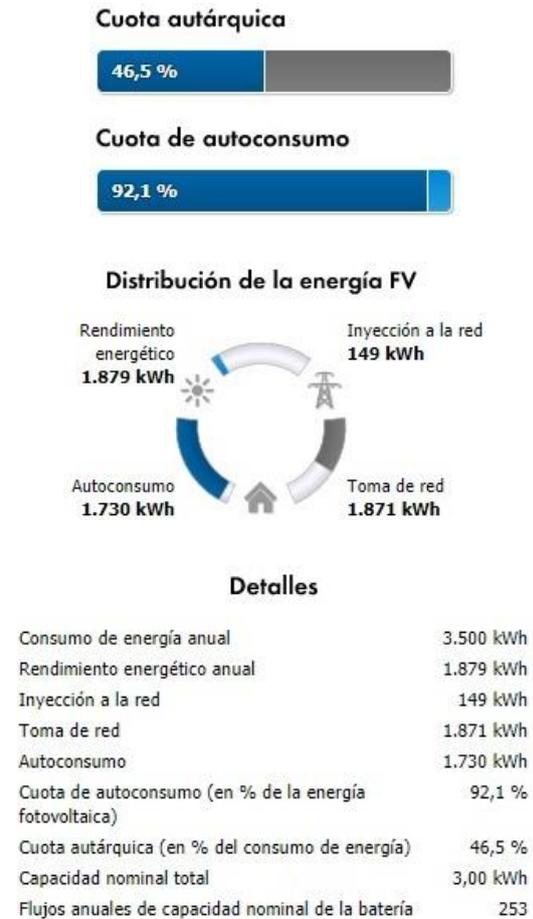


Figura 34. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

Si se compara este perfil de consumo con los dos perfiles de consumo A estudiados anteriormente, se ve que este perfil de consumo es una situación intermedia entre ambos. Debido a que uno de los perfiles de consumo, el generado en invierno, posee un desfase entre las horas de producción solar y de consumo.

La Figura 35, muestra el consumo anual que hace la instalación de la toma de red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo, la instalación consume anualmente de la red 3500 kWh y cuando la instalación es de autoconsumo, este consumo anual disminuye, siendo 1871 kWh los que necesita tomar de la red para abastecerse. En el eje de abscisas están representadas sendas instalaciones y en el de ordenadas el consumo anual que hacen de la red en kWh.

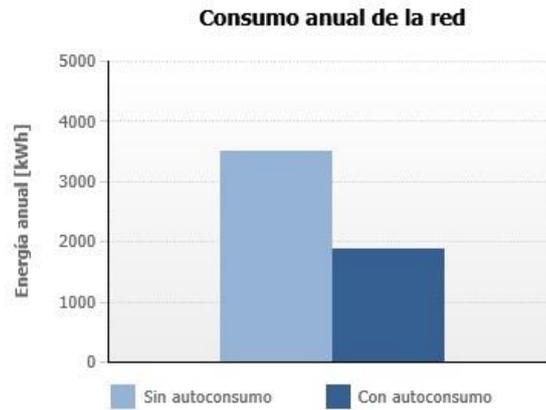


Figura 35. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 36, muestra el consumo para el horario de verano según la hora del día. Para este perfil de consumo B según el horario de verano, el mayor consumo (75%) se da en las horas punta de tarificación eléctrica para una tarifa de acceso 3.0A, que van desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde y que, además, coinciden con las horas de ración solar. Hay horas a lo largo del día, en las que el consumo es tan pequeño que en la instalación con autoconsumo no se toma electricidad de la red. Para el horario de verano, la instalación sin autoconsumo consume de la red 2052 kWh y con autoconsumo son consumidos 855 kWh. En el eje de abscisas están representadas las horas del día y en el de ordenadas se representa la energía anual que se toma de la red en kWh.

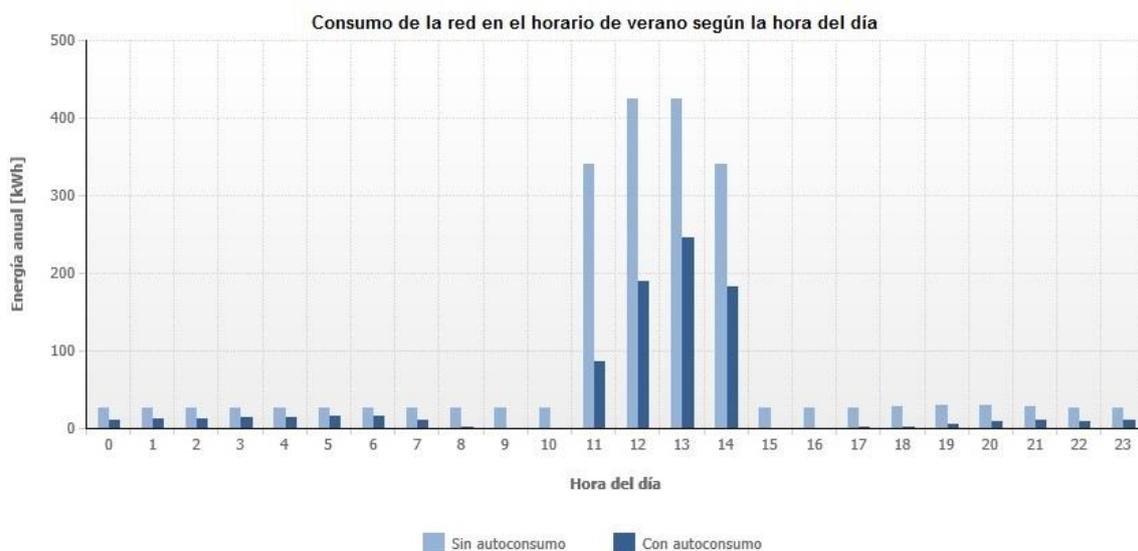


Figura 36. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 37, se muestra el consumo anual de la red según la hora del día para el horario de invierno del perfil de consumo B. Se observa, como en las horas de mayor consumo de la instalación, desde las 6 de la tarde hasta las 10 de la noche, al ser horas en las que no existe casi energía solar, para poder cubrir sus necesidades la instalación necesita coger de la red el cien por cien para poder abastecerse. Esto no solo ocurre en este rango de horas, sino que se da en el resto de las horas del día en las cuales no hay radiación solar. Sin embargo, en las horas centrales del día en las que sí existe esa generación de energía solar, al ser consumos pequeños, casi no hay registros de la necesidad de tomar energía de la red para abastecerse. Se concluye que, sin autoconsumo la instalación necesita 1448 kWh para abastecerse y con autoconsumo 1016 kWh. En el eje de abscisas está representadas las horas del día y en el de ordenadas la energía anual que se consume de la red (kWh).

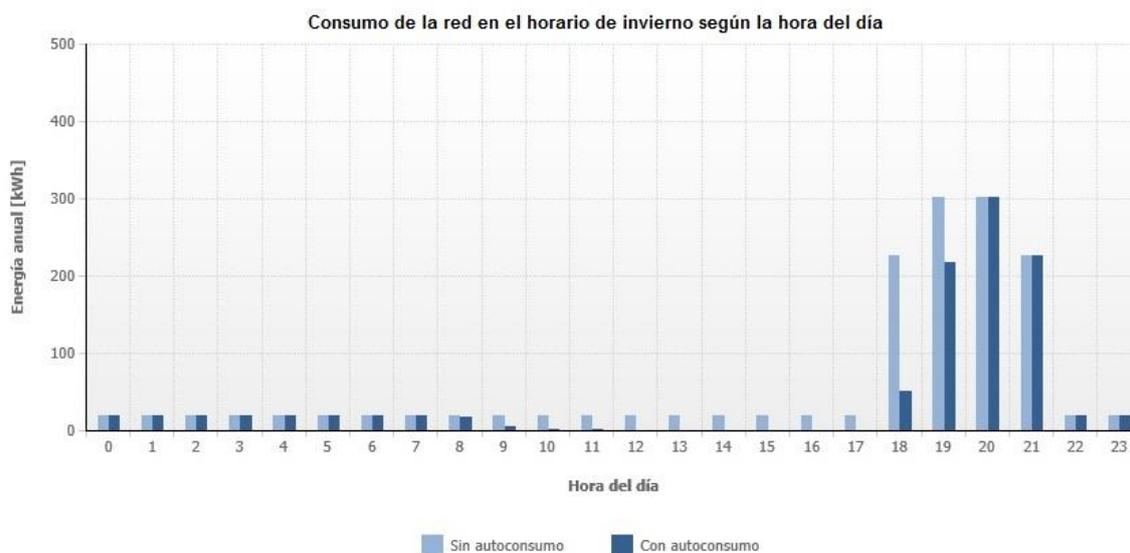


Figura 37. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 38, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño.

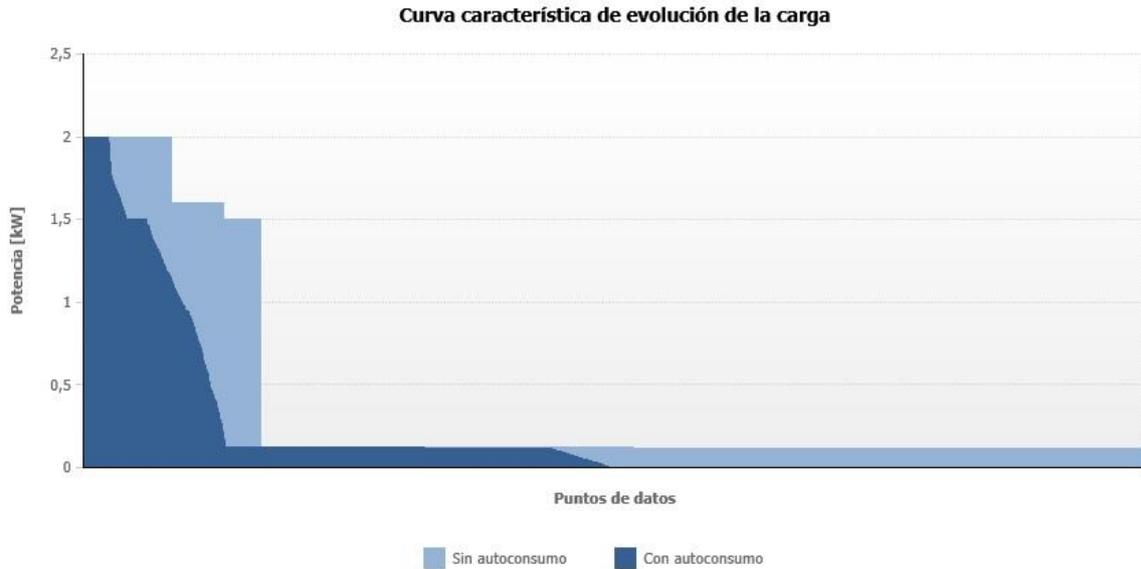


Figura 38. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 39, se muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas la potencia (kW).

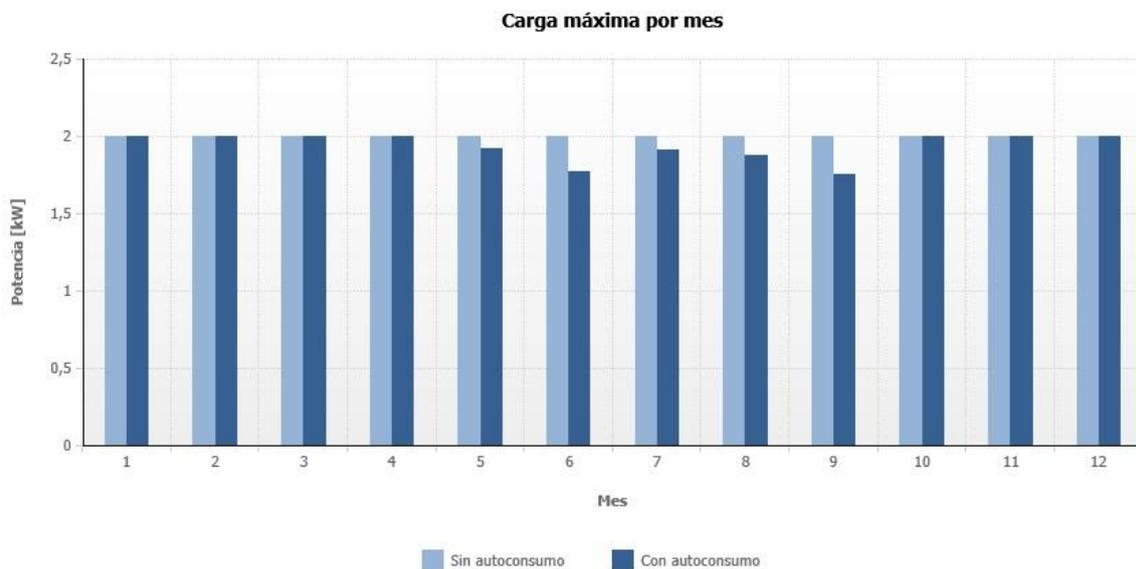


Figura 39. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática I). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.2. Resultados obtenidos para la Zona Climática II.

3.2.1. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En las Figuras 40 y 41, se muestra un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, que es constante a lo largo de todo el año y posee un solapamiento del 80% con la producción solar para la Zona Climática II. Son comparados los resultados de las cuotas de autarquía y de autoconsumo sin equipos optimizadores de energía (izquierda) y con equipos optimizadores de energía (derecha).

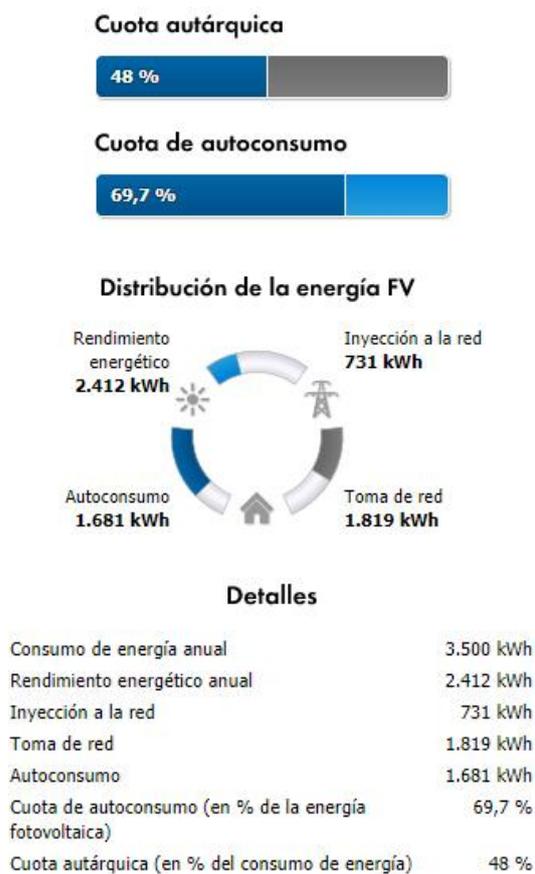


Figura 40. Sin optimización de autoconsumo.

Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

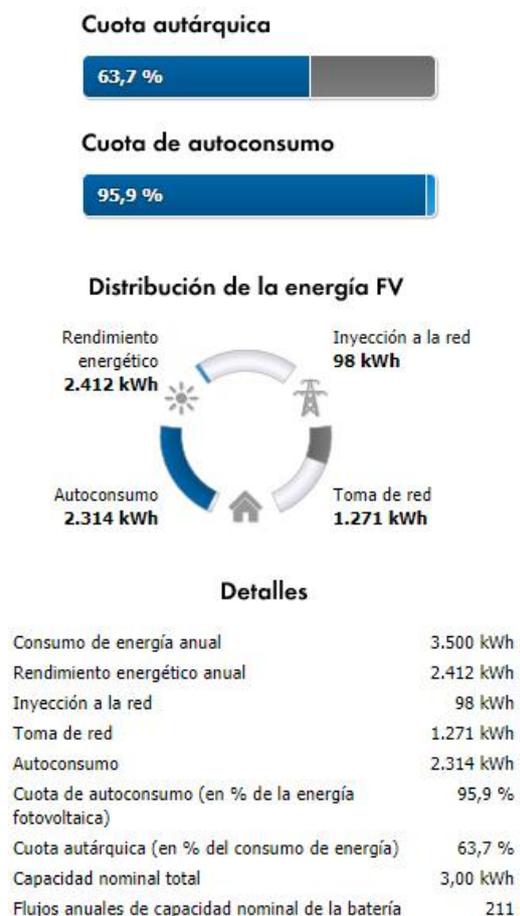


Figura 41. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

Si comparan estos mismos valores con los obtenidos para el mismo perfil de consumo en la Zona Climática I se aprecia cómo ha aumentado la cuota de autarquía y sin embargo, la cuota de autoconsumo es muy similar a la anterior, esto se relaciona con la energía que se genera en la instalación fotovoltaica que es mayor al estar en una zona climática que posee mejor radiación solar.

En la Figura 42, se muestra gráficamente cuanta energía se ha consumido a lo largo de un año de la red sin y con autoconsumo. Sin autoconsumo se han consumido los 3500 kWh y con autoconsumo han sido 1271 kWh los necesarios para cubrir las necesidades de la instalación, la diferencia de ambas es lo que se conoce como cuota de autarquía. En el eje de abscisas son representadas ambas instalaciones y en el eje de ordenadas los kWh que son consumidos en un año.

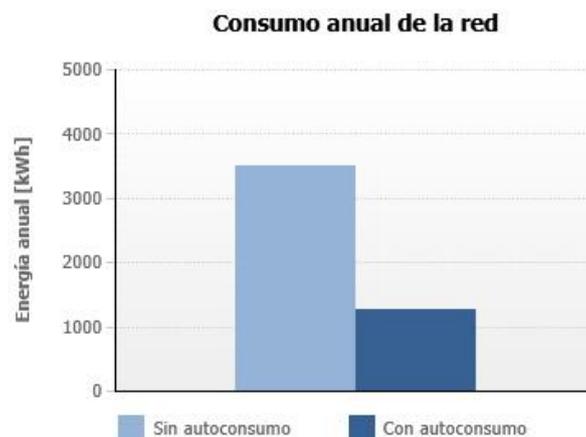


Figura 42. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 43, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las de mayor producción solar, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor, y también, disminuye en aquellas horas en las que no hay radiación solar, debido al uso de baterías. En el eje de abscisas está representadas las horas del día y en el de ordenadas la energía que se consume de la red (kWh) anualmente.

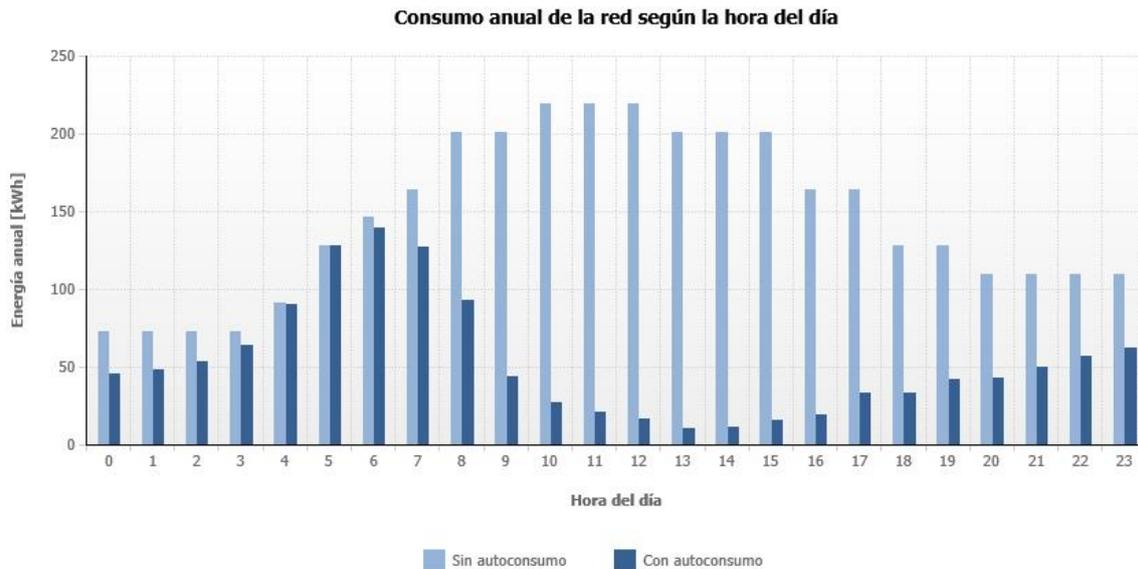


Figura 43. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 44, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Sirve para ver cuál es la potencia máxima que se necesita contratar en la instalación.

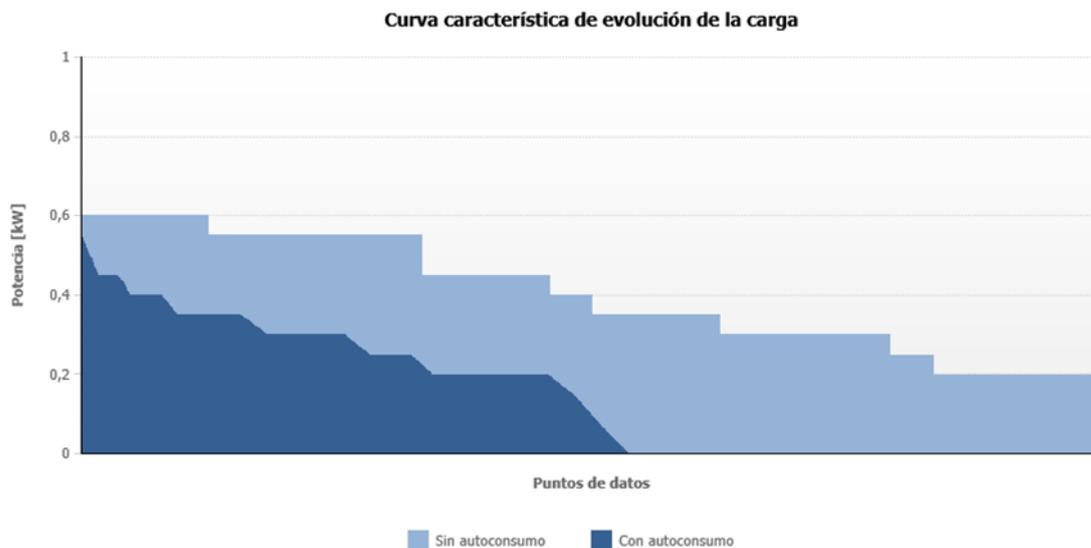


Figura 44. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 45, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Como la instalación con autoconsumo posee una menor potencia, para

este caso, se podría reducir la potencia contratada. En el eje de abscisas está representados los meses del año y en el de ordenadas la potencia (kW).

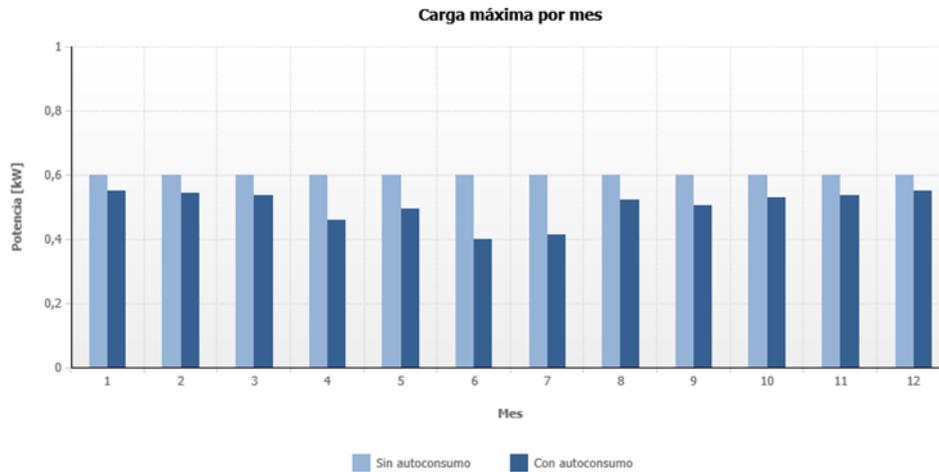
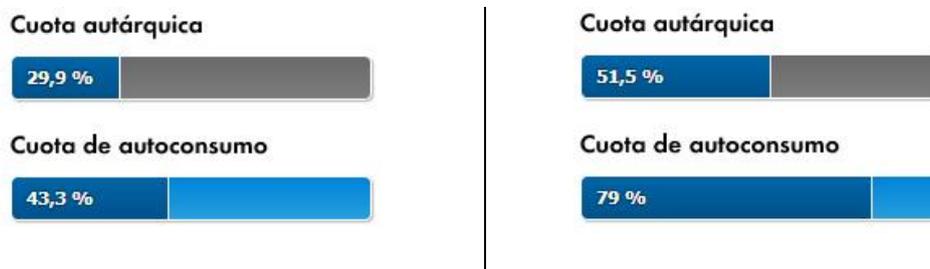
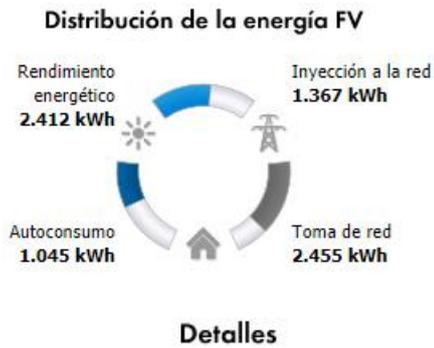


Figura 45. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.2.2. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

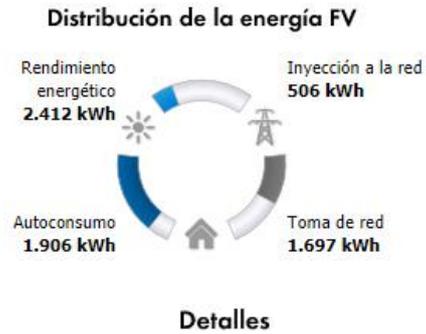
Las Figuras 46 y 47, tienen un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, siendo constante a lo largo de todo el año, el cual posee un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar en la Zona Climática II. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación sin optimización y en la de la derecha la instalación con equipos optimizadores de energía.





Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.412 kWh
Inyección a la red	1.367 kWh
Toma de red	2.455 kWh
Autoconsumo	1.045 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	43,3 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	29,9 %

Figura 46. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.



Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.412 kWh
Inyección a la red	506 kWh
Toma de red	1.697 kWh
Autoconsumo	1.906 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	79 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	51,5 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	287

Figura 47. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

Se observa como la cuota de autoconsumo para este caso ha disminuido, debido al desfase existente entre el consumo y la producción solar. La cuota de autarquía en cambio ha aumentado un poco si se compara con el de la zona climática anterior para este mismo perfil. En este caso, se produce un mayor vertido a la red, una forma de evitarlo es aumentar las baterías.

La Figura 48, muestra cuanto energía se consume a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo, siendo la diferencia de estas la autarquía. Sin autoconsumo se necesitan tomar de la red 3500 kWh y con autoconsumo 1697 kWh. En el eje de ordenadas se representan sendas instalaciones y en el de ordenadas la energía que es consumida anualmente de la red en kWh.

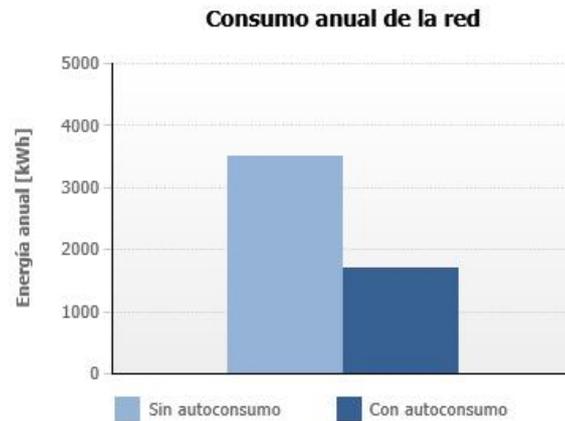


Figura 48. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 49, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor producción solar tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor, llegando casi a ser nula en algunas horas del día. En el eje de abscisas son representadas las horas del día y en el de ordenadas están representados los kWh que son necesarios consumir de la red para abastecer la instalación.

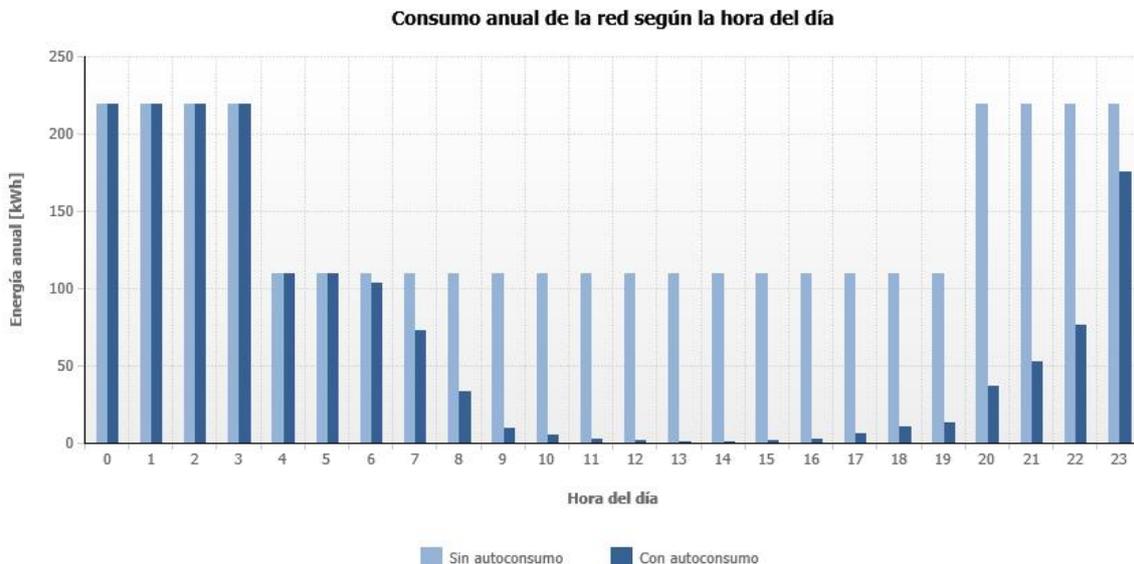


Figura 49. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 50, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Permitiendo realizar un estudio sobre la tarifa eléctrica, como se comentó en apartados anteriores.

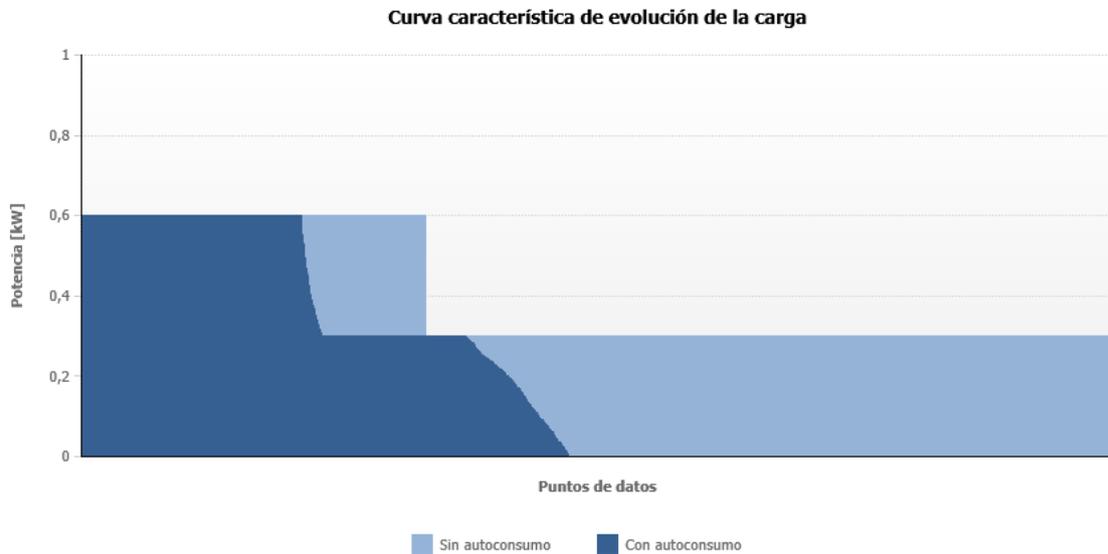


Figura 50. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 51, se muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Aquí, se puede observar como a lo largo del año la potencia que necesitan ambas instalaciones se mantiene constante a lo largo de todo el año. Por tanto, en este perfil de consumo no tiene sentido hacer el estudio de tarifa eléctrica ya que la potencia contratada es la misma. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas la potencia (kW)

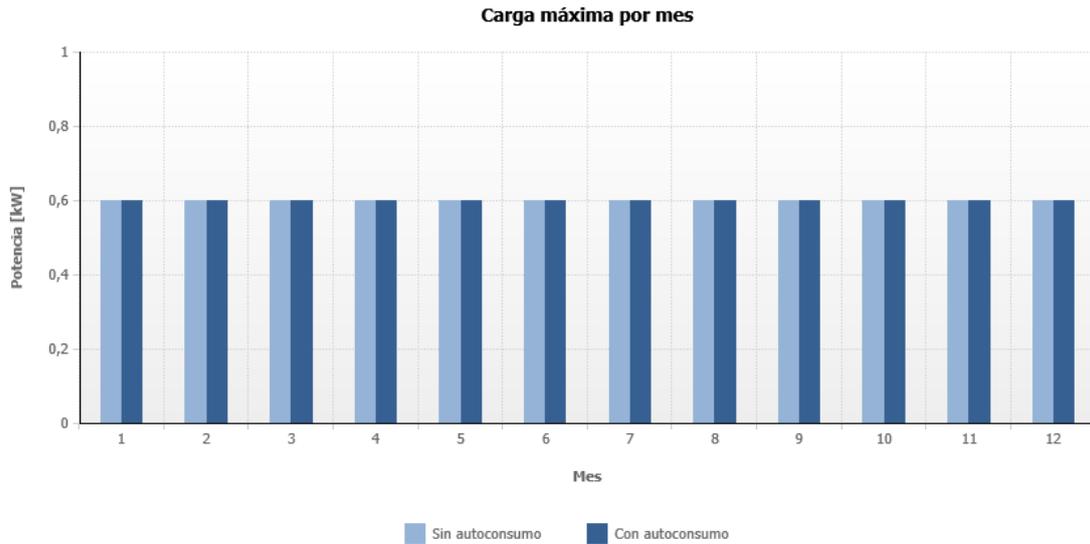
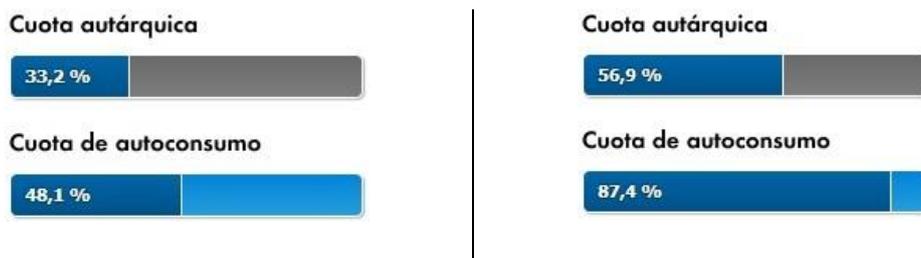


Figura 51. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

3.2.3. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo B, con horario de verano e invierno.

Este perfil de consumo que estará dividido en dos, dependiendo de los meses del año y según la distinción que hace la *Orden ITC/2794/2007* (España, 2007), en el que diferencia un horario de invierno y otro de verano para la tarificación del consumo eléctrico.

Las Figuras 52 y 53, a modo de resumen muestran los resultados obtenidos para esta instalación tipo con el perfil de consumo B, de 3500 kWh/año para la Zona Climática II. En la figura de la izquierda están los resultados de la instalación tipo sin equipos de optimización de la energía y en la de la derecha están los resultados de la instalación con equipos de optimización de energía.





Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.417 kWh
Inyección a la red	1.253 kWh
Toma de red	2.336 kWh
Autoconsumo	1.164 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	48,1 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	33,2 %

Figura 52. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.



Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.417 kWh
Inyección a la red	305 kWh
Toma de red	1.509 kWh
Autoconsumo	2.112 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	87,4 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	56,9 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	316

Figura 53. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

Este perfil de consumo para esta zona climática posee una cuota de autoconsumo y de autarquía intermedia entre el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar y el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar. Esta cuota de autoconsumo es algo más baja que se puede deber a un sobre dimensionamiento de la instalación.

La Figura 54, muestra el consumo anual que hace la instalación de la toma de red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo, la instalación necesita tomar de la red 3500 kWh y con autoconsumo la instalación necesita de la red 1509 kWh. En el eje de abscisas son representadas ambas instalaciones y en el de ordenadas se representa la energía que es necesario consumir anualmente (kWh).

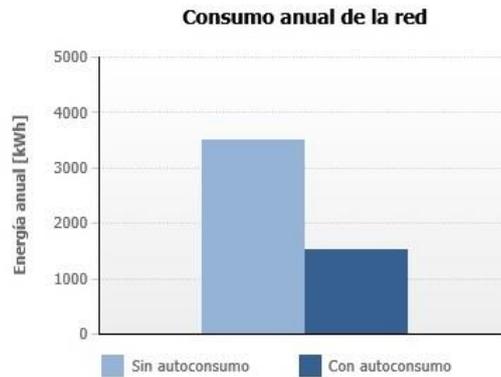


Figura 54. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 55, muestra el consumo para el horario de verano según la hora del día. Para este perfil de consumo B, el mayor consumo se da en las horas punta según la tarifa eléctrica 3.0A, además, coinciden con las horas de producción solar. Hay horas a lo largo del día, en las que el consumo es tan pequeño que en la instalación con autoconsumo no se toma electricidad de la red, esto se debe a que en las horas de mayor radiación se está almacenando la energía para consumirla después cuando la instalación lo necesite, y además, disminuye en las horas punta el consumo de energía de la red. Para el horario de verano, la instalación sin autoconsumo consume de la red 2052 kWh y con autoconsumo son consumidos 537 kWh. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas está representada la energía que necesaria consumir de la red al año en kWh.



Figura 55. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 56, muestra el consumo anual de la red según la hora del día para el horario de invierno de este perfil de consumo B. En las horas de mayor consumo de la instalación, son horas en las que no existe casi energía solar y para poder cubrir sus necesidades la instalación necesita coger de la red el cien por cien para poder abastecerse. No solo ocurre en este rango de horas, sino que se da en el resto de las horas del día en las que no hay radiación solar. En cambio, en las horas centrales del día en las que sí existe energía solar, al ser consumos pequeños, casi no hay registros de la necesidad de tomar energía de la red para abastecerse y esta se almacena para poder cubrir parte de las primeras horas de la tarde. Sin autoconsumo, la instalación necesita 1448 kWh para abastecerse y con autoconsumo 973 kWh. En el eje de abscisas está representadas las horas del día y en el de ordenadas el consumo que se realiza de la red al año en kWh,

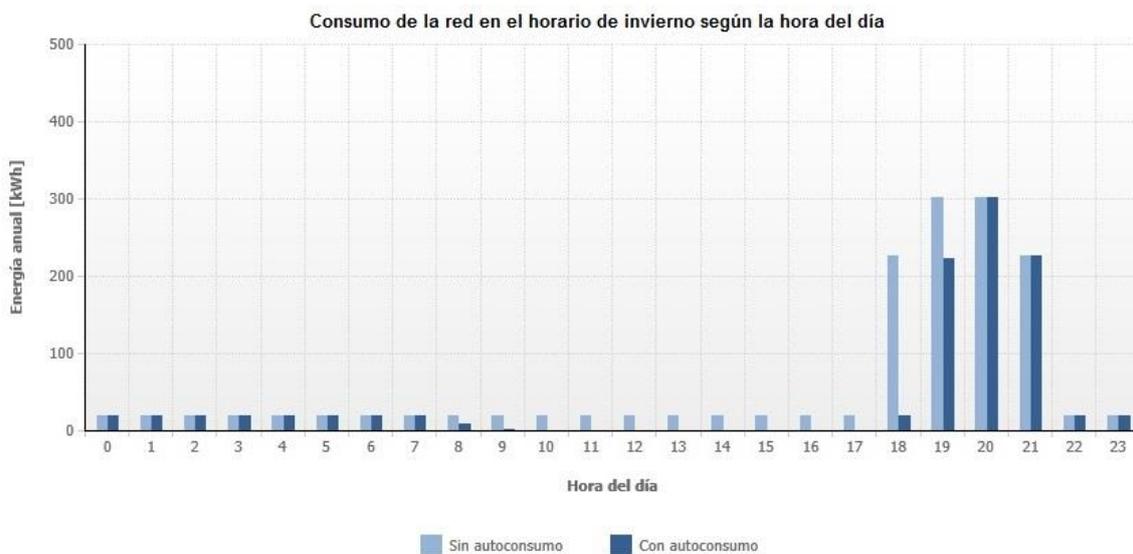


Figura 56. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 57, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo, donde estos valores de potencia de un año están ordenados por tamaño.

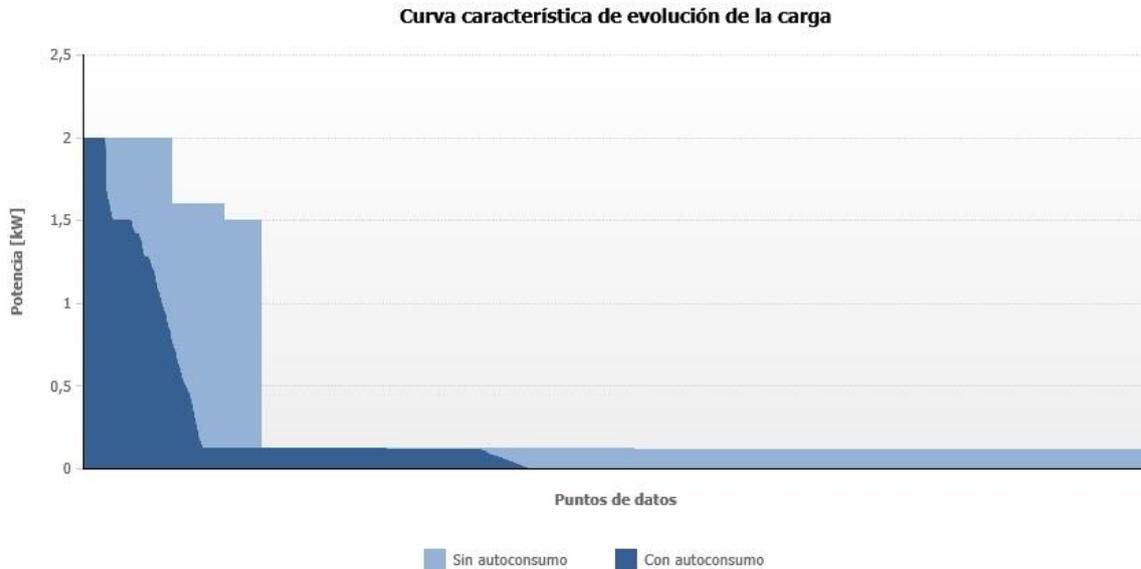


Figura 57. Curva característica de evolución de la carga sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 58, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Se observa como en los meses de verano para la instalación con autoconsumo la potencia es menor. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas están representados los valores de la potencia (kW). Esta potencia se puede tomar como orientación a la hora de contratar una tarifa de acceso.

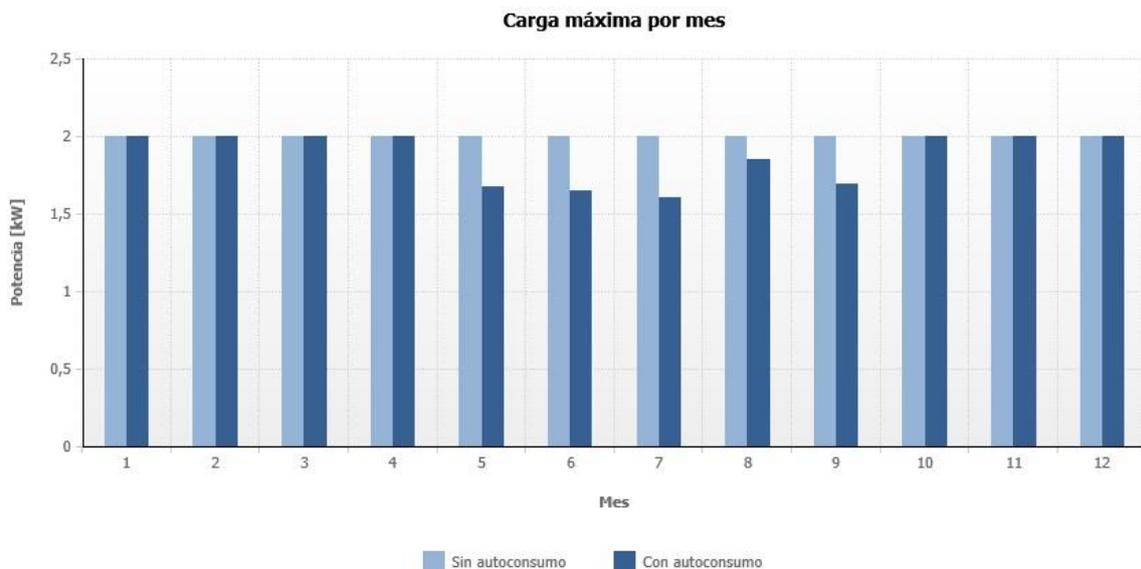


Figura 58. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática II). Fuente: Sunny Dsign Web.

3.3. Resultados obtenidos para la Zona Climática III.

3.3.1. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 59 y 60, muestran un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, que es constante a lo largo de todo el año y posee un solapamiento del 80% con la producción solar para la Zona Climática III. Son comparados los resultados de las cuotas de autarquía y de autoconsumo sin equipos optimizadores de energía (izquierda) y con equipos optimizadores de energía (derecha).

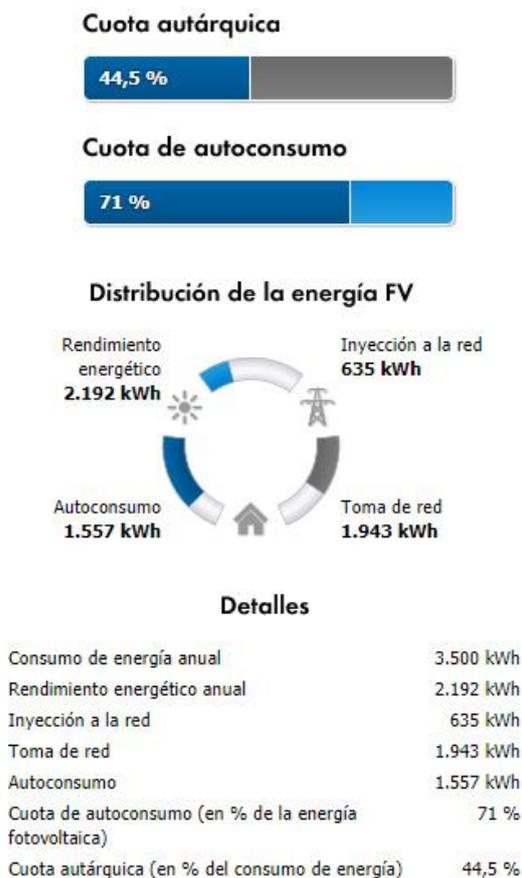


Figura 59. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

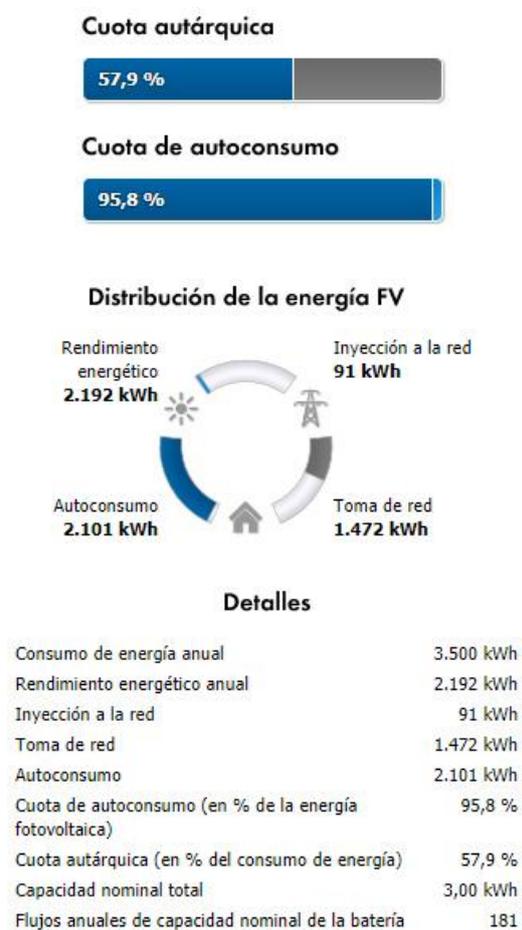


Figura 60. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

Para este tipo de perfil en la Zona Climática III, se observa como los valores obtenidos para las cuotas de autarquía y de autoconsumo son muy buenos, llegando casi al 100% en la cuota de autoconsumo. El dato de la inyección a red, que es de 91 kWh al año que se puede considerar despreciable. Otro dato importante, es el del rendimiento energético que son 2192 kWh.

En la Figura 61, se muestra gráficamente cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo se consumen los 3500 kWh y con autoconsumo han sido necesarios 1472 kWh, la diferencia de ambos da el valor de autarquía. En el eje de abscisas se representan sendas instalaciones y en el de ordenadas se representa el consumo anual que se toma de la red en kWh.

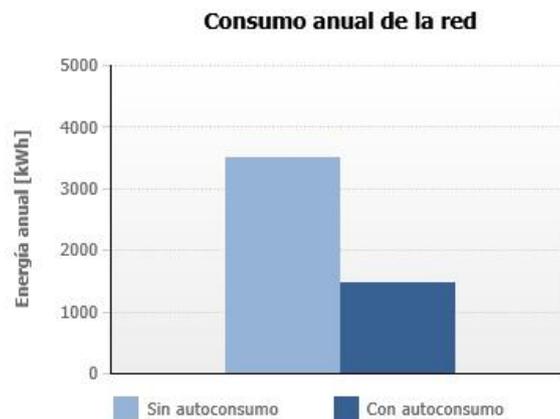


Figura 61. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 62, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor producción tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es mucho menor. Los consumos que se dan de la red en las primeras horas del día y las últimas disminuyen de la instalación con autoconsumo, esto se debe al uso de las baterías. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas se representa la energía que se necesita consumir de la red al año en kWh.

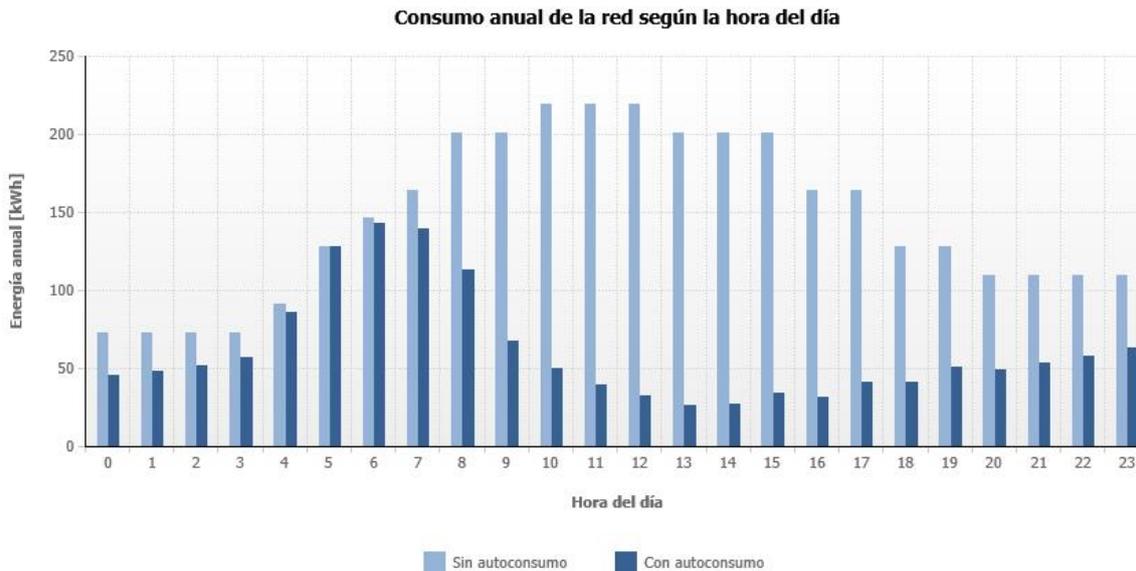


Figura 62. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 63, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Sirve para hacer el estudio sobre la tarifa eléctrica.

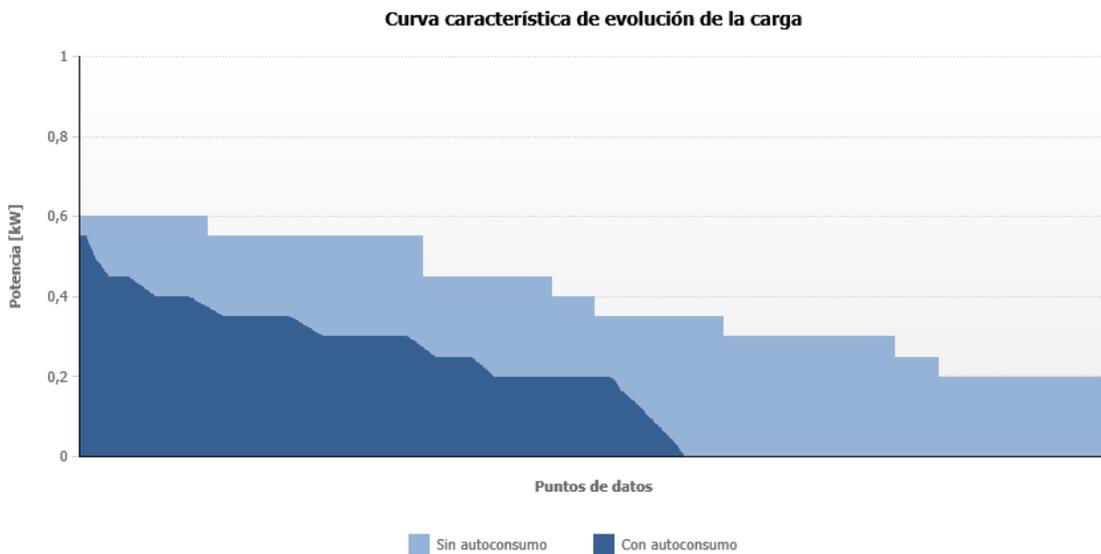


Figura 63. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 64, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Para la instalación sin autoconsumo la potencia a lo largo del año en cada uno de los meses es constante, en cambio, para la instalación con autoconsumo hay diferencias teniendo una menor potencia, por tanto, para este caso sería viable la reducción de la potencia a contratar en la instalación con autoconsumo. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el eje de coordenadas se representa la potencia en kW.

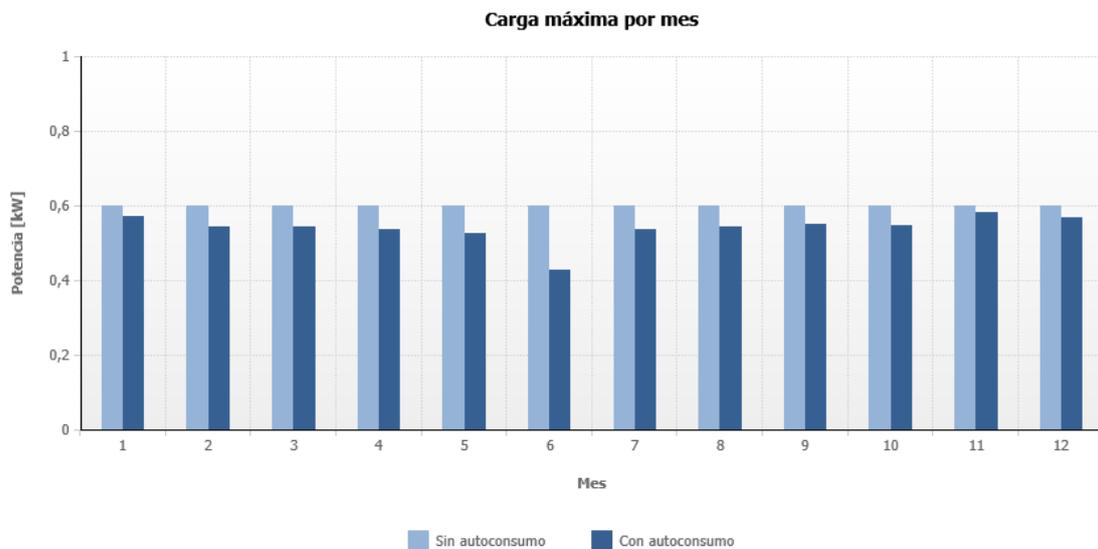


Figura 64. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.3.2. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 65 y 66, muestran a modo de resumen la instalación tipo para el perfil de consumo A, siendo constante a lo largo de todo el año, el cual posee un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar en la Zona Climática III. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación sin equipo de optimización de energía y en la de la derecha la instalación con equipos optimizadores de energía.

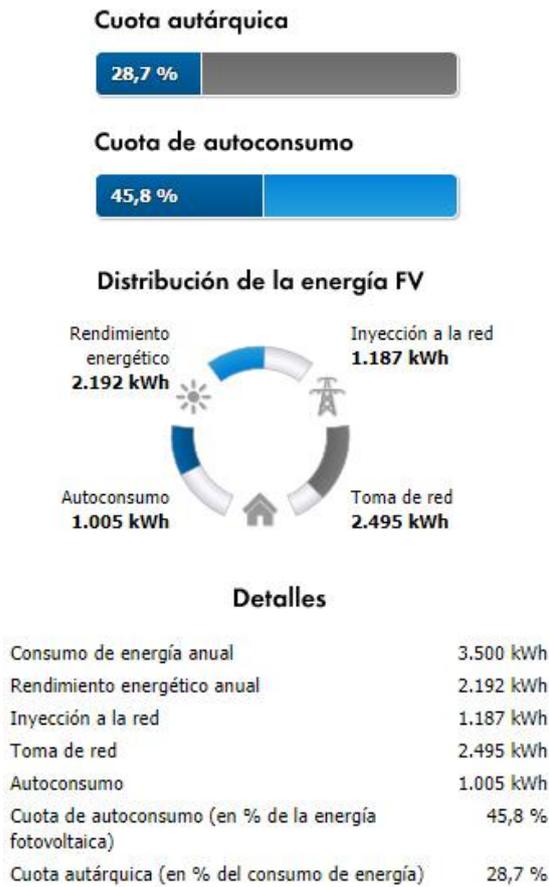


Figura 65. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

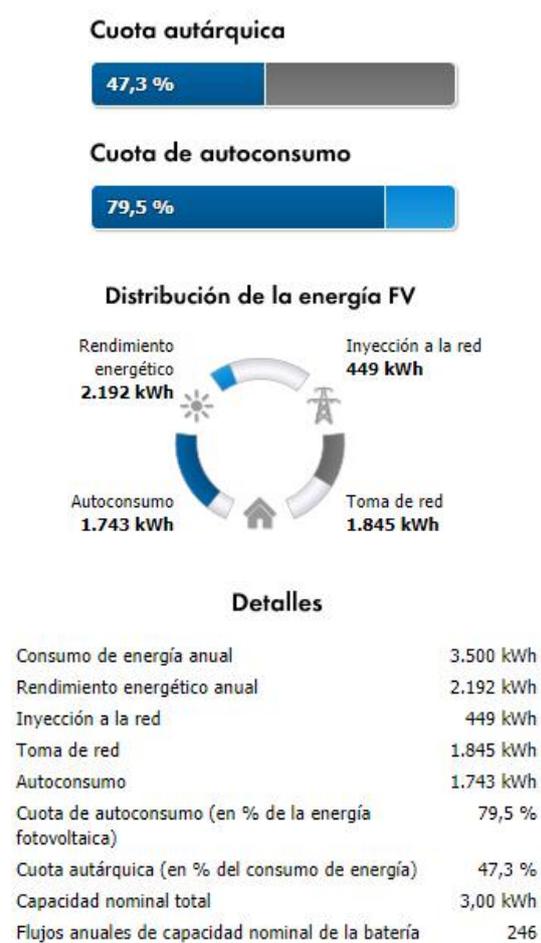


Figura 66. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

Al igual que ocurre en las otras zonas climáticas, para este mismo perfil de consumo, se observa que la cuota de autoconsumo es menor, debido al desfase existente entre la producción solar y el consumo. En este caso el vertido a la red es mayor, siendo aconsejable el uso de más baterías para que este resultado mejore.

La Figura 67, muestra cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo la diferencia de estos valores da la autarquía. Sin autoconsumo son consumidos 3500 kWh de la red y con autoconsumo 1845 kWh. En el eje de abscisas se representan sendas instalaciones y en el de ordenadas la energía anual que se consume de la red (kWh).

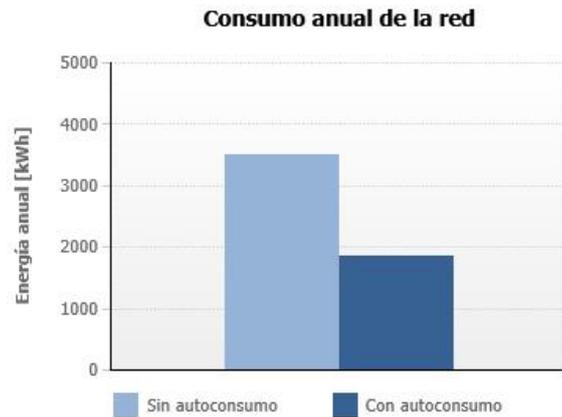


Figura 67. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 68, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor radiación solar tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es mucho menor. En las últimas horas del día, en la instalación con autoconsumo la energía que toma de la red es menor, debido a que en las horas de mayor producción solar almacena la energía para poderla aprovechar después. En el eje de abscisas está representadas las horas del día y en el de ordenadas la energía que se consume de la red (kWh).

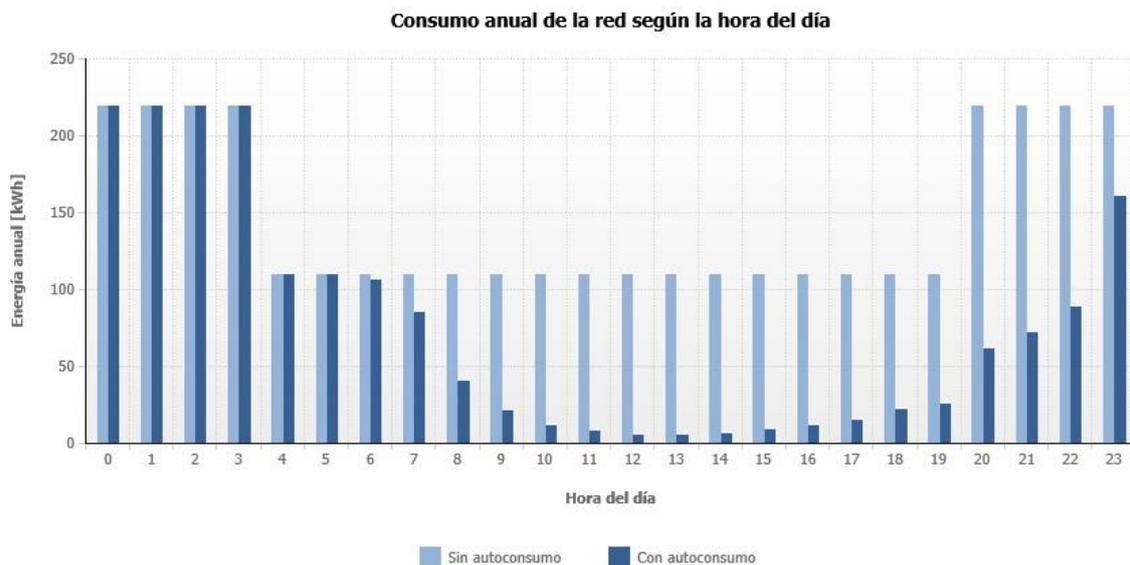


Figura 68. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 69, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño.

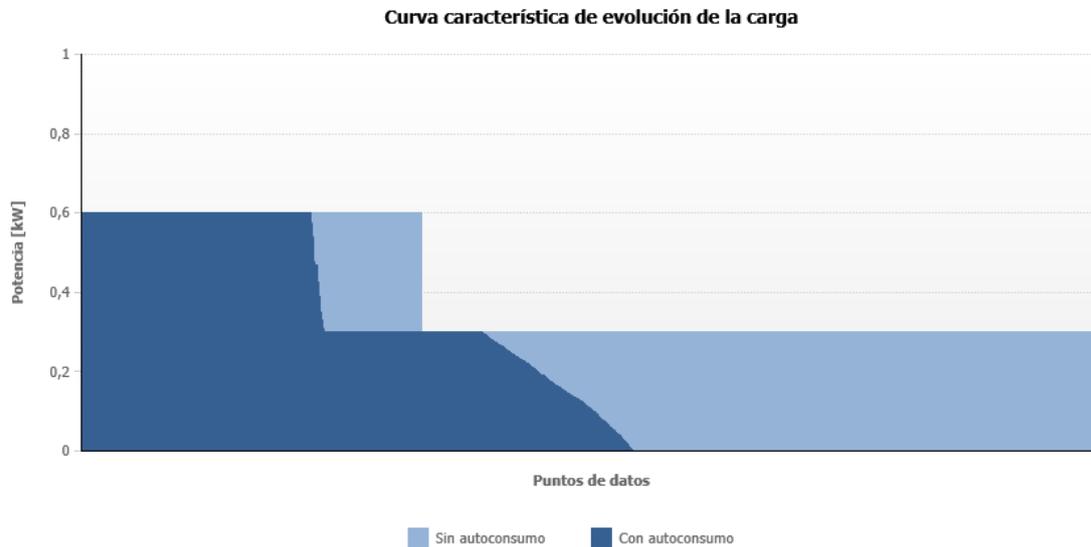


Figura 69. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 70, se muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Para este perfil de consumo, la potencia necesaria a lo largo del año es constante para sendas instalaciones, por tanto, el estudio de tarificación no tendría sentido. En el eje de abscisas se representan los meses y en el de ordenadas la potencia en kW.

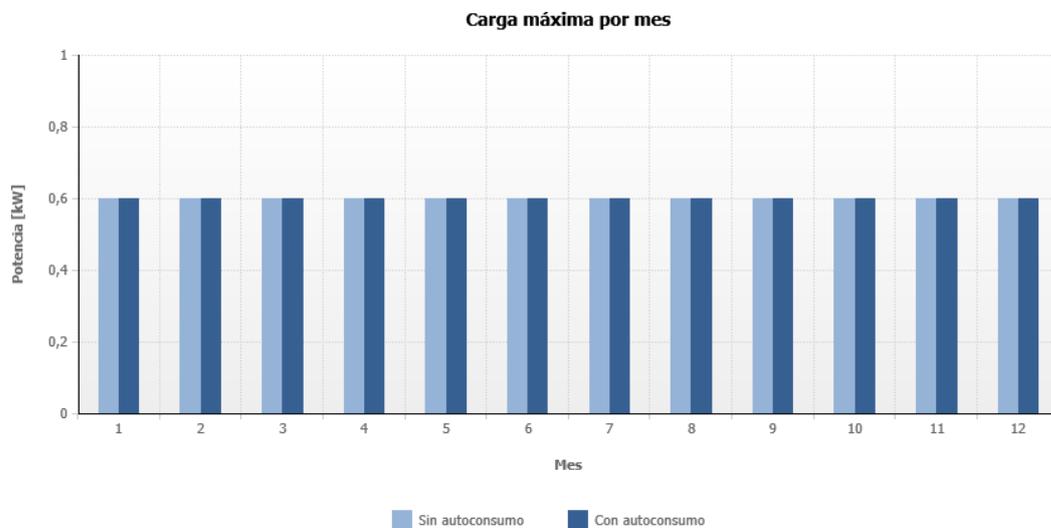


Figura 70. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática III). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.3.3. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo B, con horario de verano e invierno.

Para el perfil de consumo B, que está dividido en un horario de invierno y otro de verano para la tarificación del consumo eléctrico. En este caso se asume que el mayor consumo se da en las horas punta.

Las Figuras 71 y 72, a modo de resumen muestran los resultados obtenidos para esta instalación tipo con el perfil de consumo B, de 3500 kWh/año para la Zona Climática III. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación tipo sin equipos de optimización de energía y en la de la derecha están los resultados de la instalación con equipos de optimización de energía.

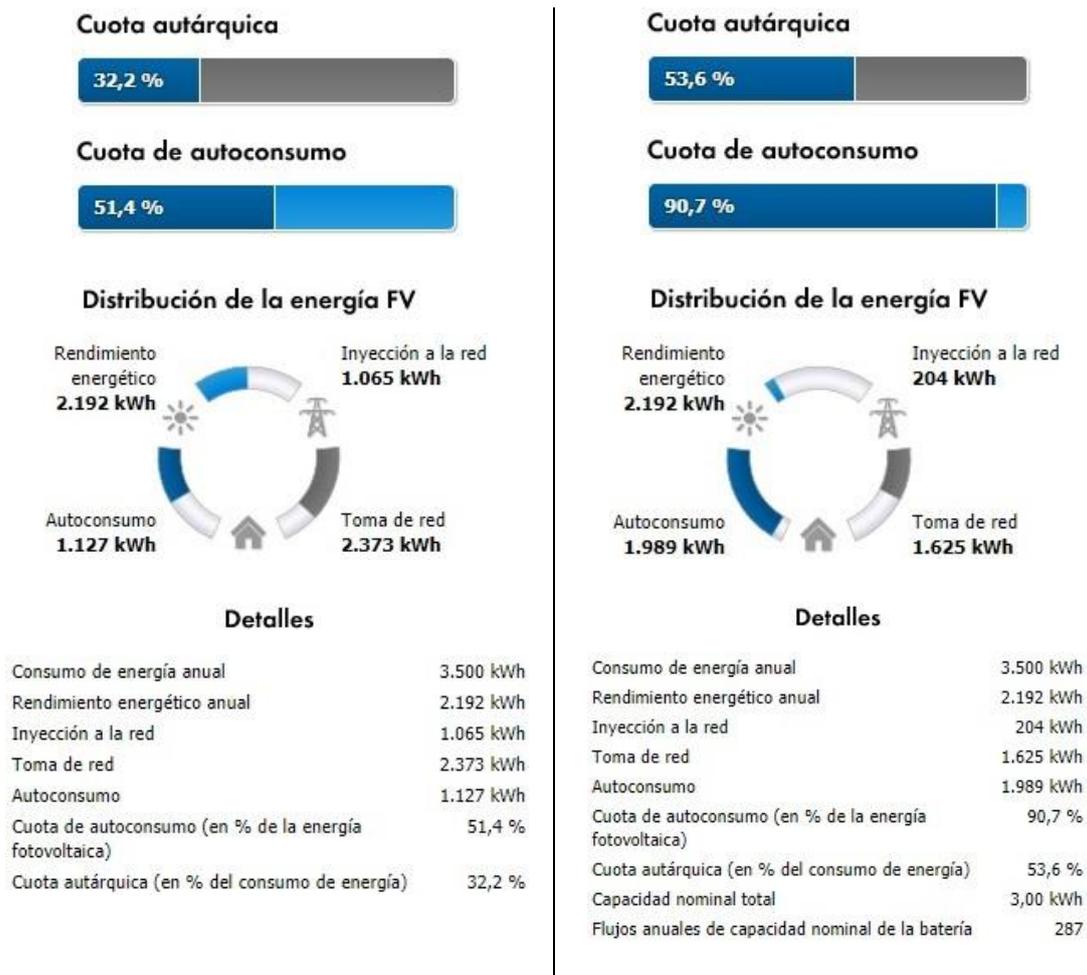


Figura 71. Sin optimización de autoconsumo.
Perfil de consumo B (Zona Climática III).
Fuente: Sunny Design Web.

Figura 72. Con optimización de
autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona
Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

Al igual que ocurre en los casos anteriores, este tipo de perfil es una situación intermedia entre los dos perfiles de consumo A creados en función del solapamiento. En este caso, la inyección a red es un poco alta, sin embargo, el valor obtenido del rendimiento energético es bueno, ya que se mantiene en los 2192 kWh obtenidos para esta zona climática.

La Figura 73, muestra el consumo anual que hace la instalación de la toma de red tanto sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo, la instalación necesita tomar de la red 3500 kWh anuales y con autoconsumo la instalación necesita de la red 1625 kWh al año. En el eje de abscisas se representan ambas instalaciones y en el de ordenadas está representado el consumo anual que se necesita tomar de la red en kWh.

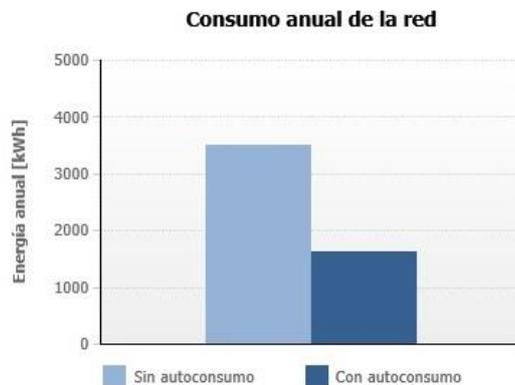


Figura 73. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 74, se muestra el consumo para el horario de verano según la hora del día. Para este perfil de consumo B, el mayor consumo se da en las horas punta, que son desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde, coinciden con las horas de mayor radiación solar. Hay horas a lo largo del día, en las que el consumo es tan pequeño que en la instalación con autoconsumo no toma energía de la red debido al almacenamiento de energía que hace en las horas en las que hay radiación solar. Para el horario de verano, la instalación sin autoconsumo consume de la red 2052 kWh y con autoconsumo

son consumidos 617 kWh. En el eje de abscisas están representadas las horas del día y en el de ordenadas la energía que es necesario consumir de la red al año en kWh.

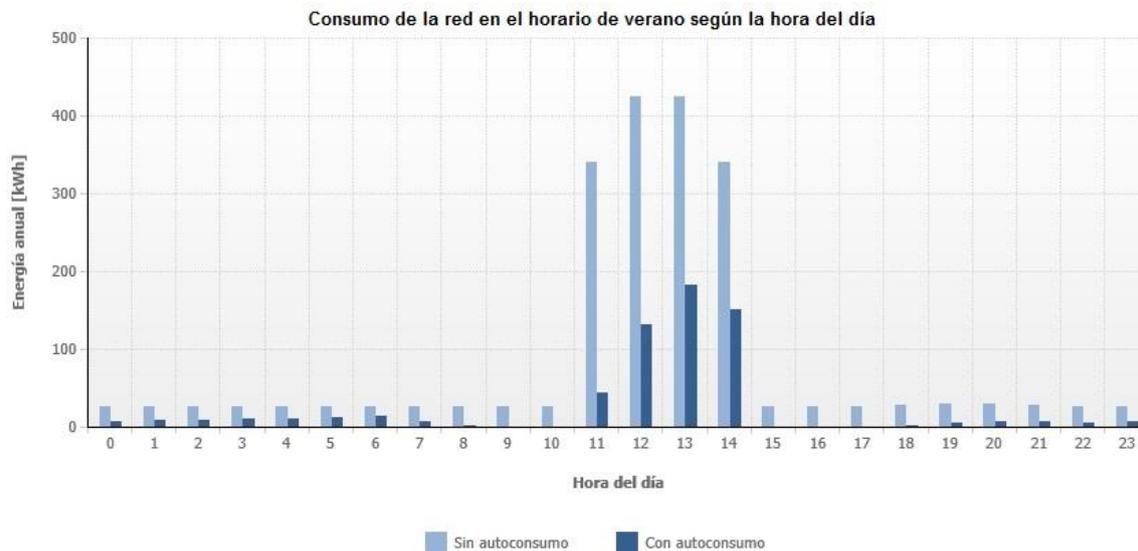


Figura 74. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 75, muestra el consumo de la red según la hora del día para el horario de invierno del perfil de consumo B. En las horas de mayor consumo de la instalación, son horas en las que no existe casi energía solar y para poder cubrir sus necesidades la instalación necesita coger de la red el cien por cien para poder abastecerse. No solo ocurre en este rango de horas, sino que se da en el resto de las horas del día en las que no hay radiación solar. En las horas centrales del día en las que sí existe energía solar, casi no hay registros de la necesidad de tomar energía de la red para abastecerse. Sin autoconsumo, la instalación necesita 1448 kWh para abastecerse y con autoconsumo 1008 kWh. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas se representa la energía que es necesario tomar de la red en kWh.

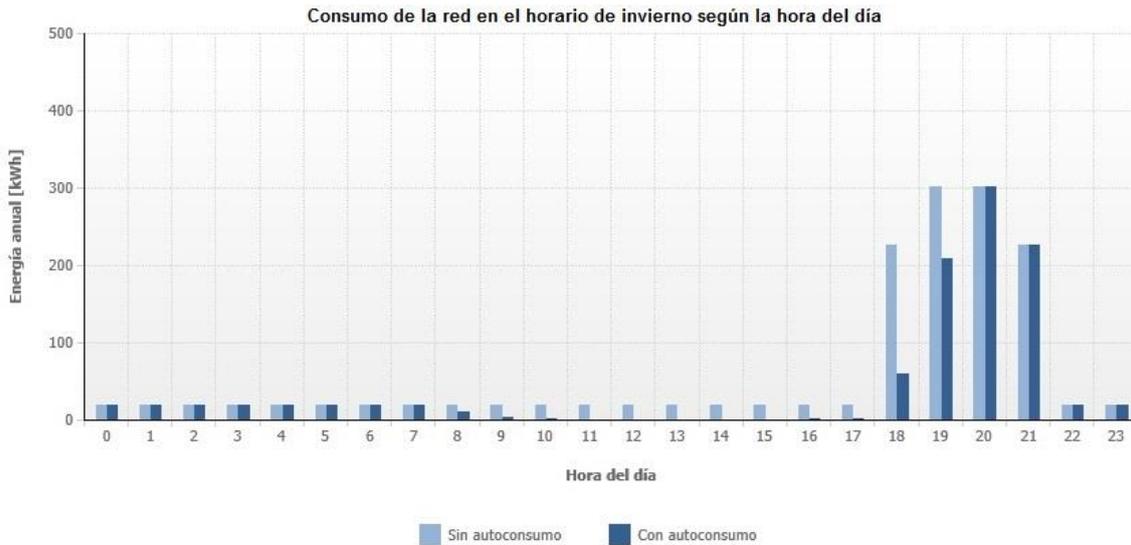


Figura 75. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 76, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo, donde estos valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Para poder hacer el estudio tarifario.



Figura 76. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 77, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. La potencia que poseen ambas instalaciones en los meses de invierno

es igual, en cambio, para los meses de verano es menor en la instalación con autoconsumo. En el eje de abscisas se representan los meses y en el de ordenadas la potencia en kW.

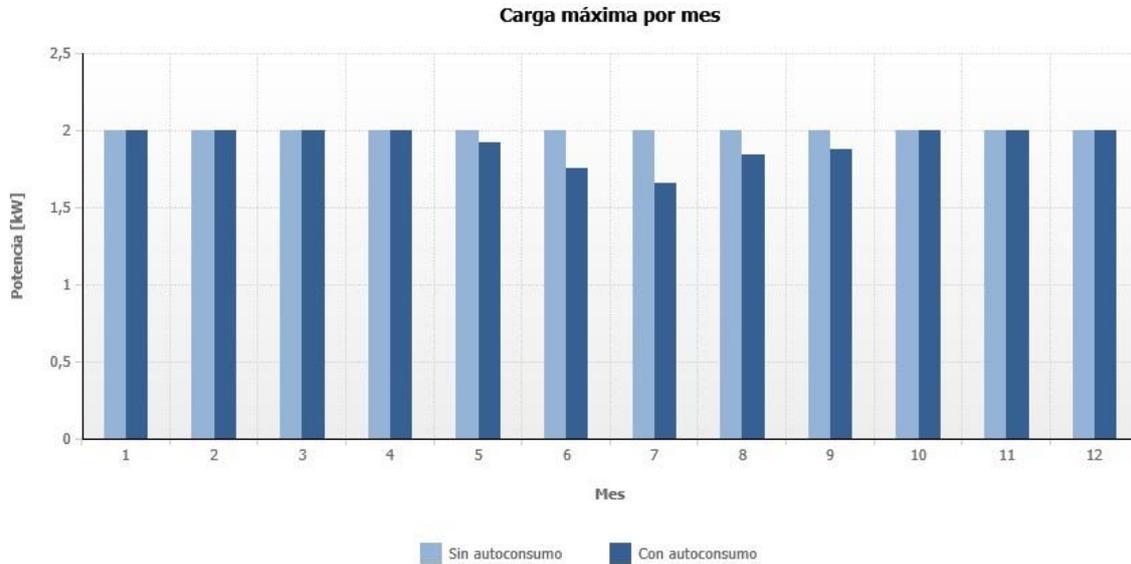


Figura 77. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática III). Fuente: Sunny Dsign Web.

3.4. Resultados obtenidos para la Zona Climática IV.

3.4.1. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 78 y 79, muestran un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, que es constante a lo largo de todo el año y posee un solapamiento del 80% con la producción solar para la Zona Climática IV. Son comparados los resultados de las cuotas de autarquía y de autoconsumo sin equipos optimizadores de energía (izquierda) y con equipos optimizadores de energía (derecha).



Figura 78. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

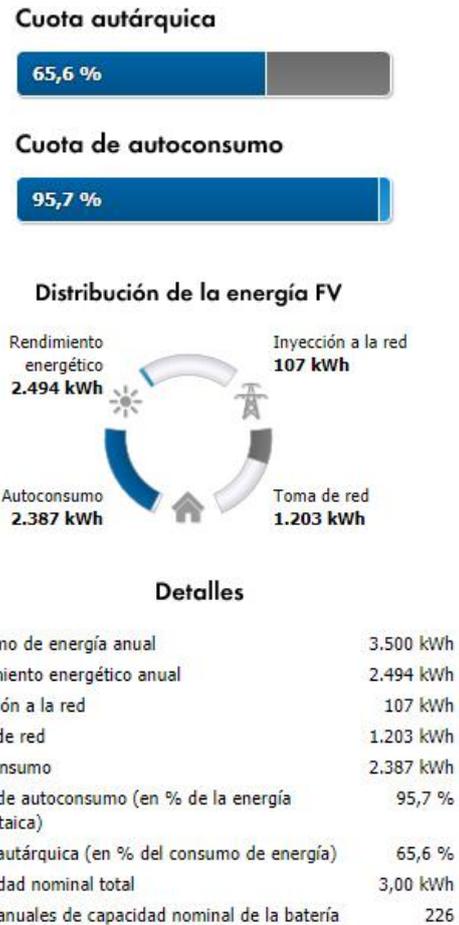


Figura 79. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

Para este perfil de consumo en la Zona Climática IV, se observa como la cuota de autarquía ha aumentado, esto se debe a que en esta zona hay una mayor radiación solar. La cuota de autoconsumo también posee un valor alto, estando cerca del 100%. Aunque la inyección a red en este perfil de consumo ha aumentado, se puede considerar despreciable respecto a la demanda de energía eléctrica que se realiza en la instalación.

En la Figura 80, se muestra gráficamente cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin y con autoconsumo. Sin autoconsumo se consumen los 3500 kWh al año y con autoconsumo 1203 kWh/año, la diferencia de estos valores da la cuota de autarquía. En el eje de abscisas se representan sendas instalaciones y en el de ordenadas el consumo que se hace de la red en kWh.

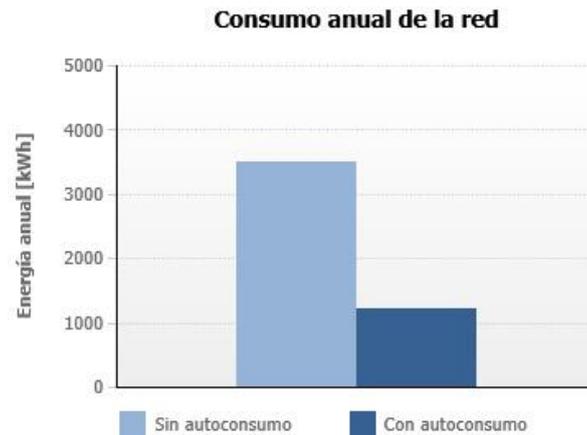


Figura 80. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 81, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor radiación solar tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor. Tanto en las primeras como en las últimas horas del día se observa como en la instalación con autoconsumo la energía que toma de la red es menor, esto se debe al almacenamiento que hace de la energía en las baterías. En el eje de abscisas son representadas las horas del día y en el de ordenadas la energía que se consume al año de la red (kWh).

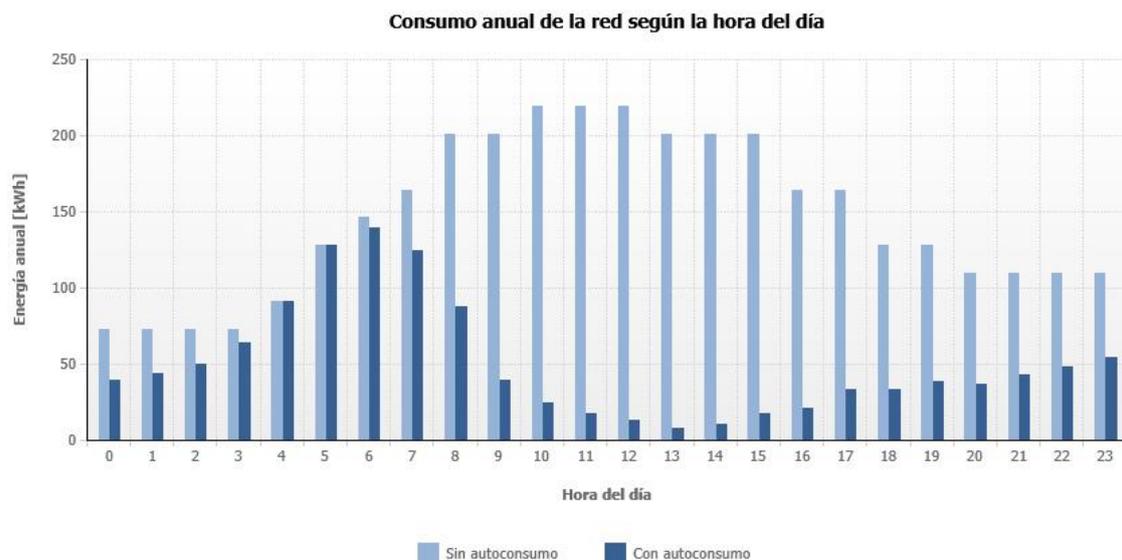


Figura 81. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 82, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Esta gráfica se puede tomar para ver cómo evoluciona la potencia máxima necesaria que haya que contratar en la instalación.

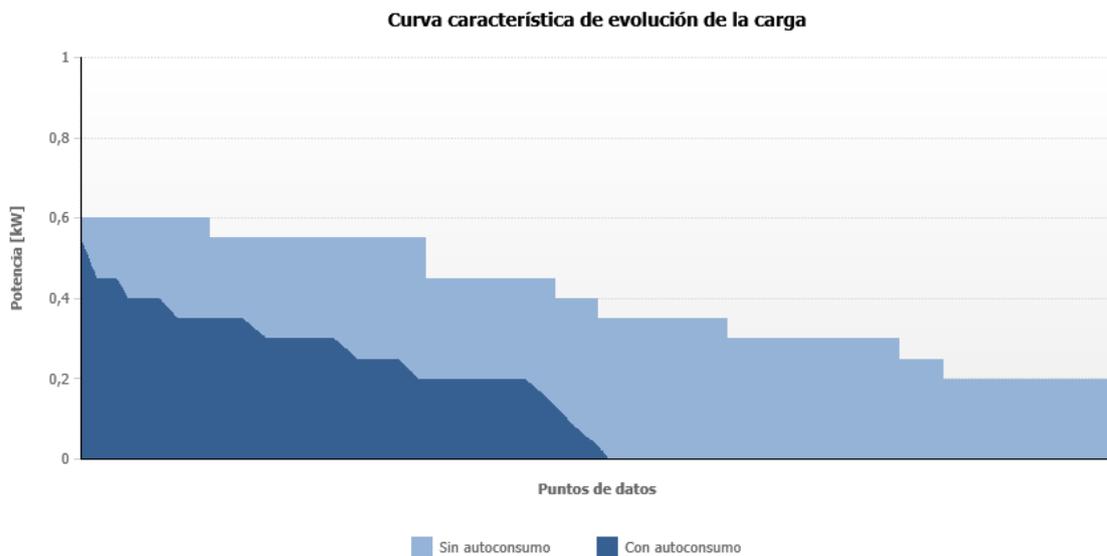


Figura 82. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 83, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Esta carga se utiliza en algunas tarifas eléctricas como potencia de facturación mensual. En la instalación sin autoconsumo todos los meses poseen la misma potencia, en cambio, en la instalación con autoconsumo no. En este caso se podría reducir la potencia a contratar. En el eje de abscisas están representados los meses del año y en el de ordenadas están representada la potencia en kW.

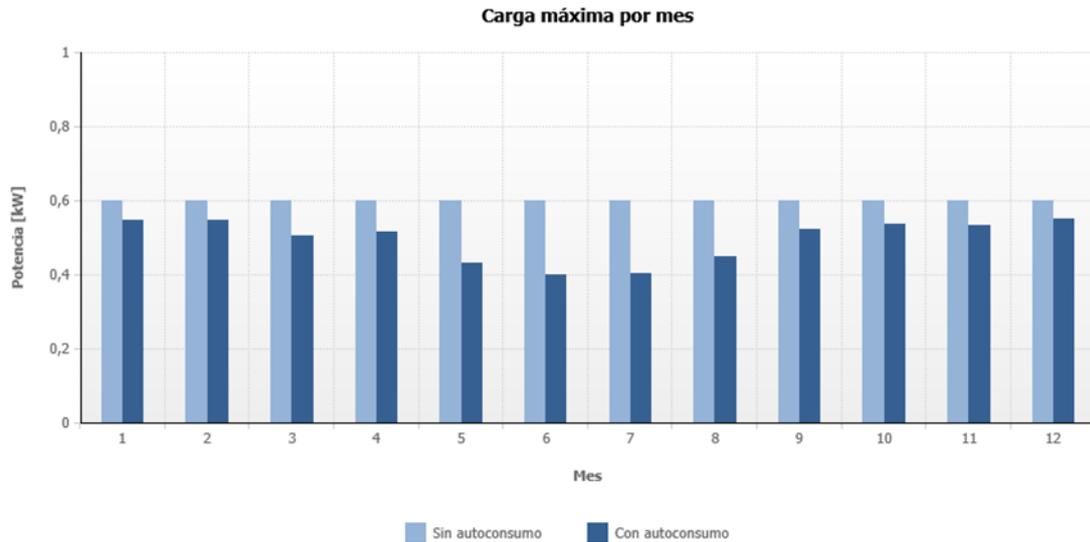
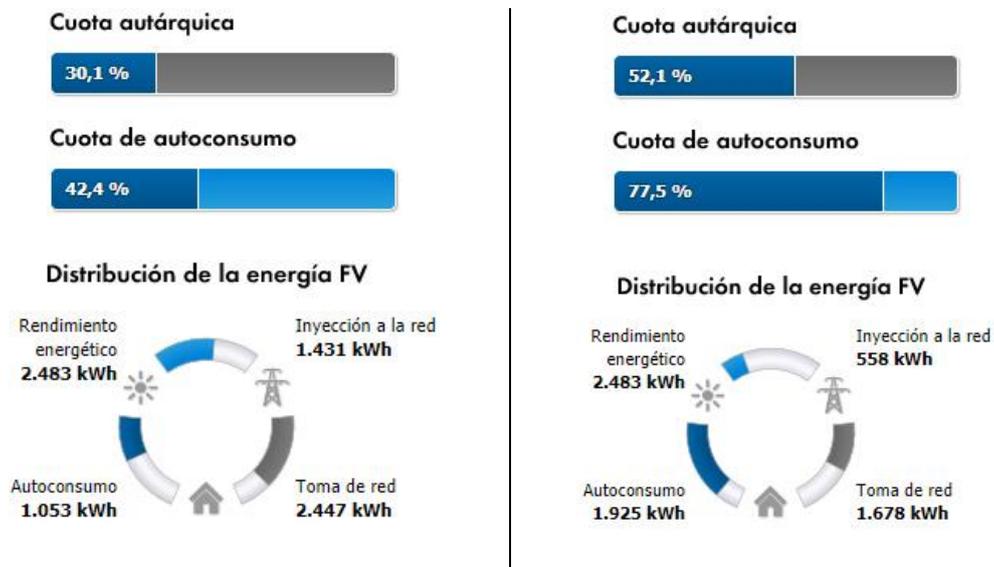


Figura 83. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.4.2. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 84 y 85, tienen un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, siendo constante a lo largo de todo el año y que posee un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar en la Zona Climática IV. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación sin optimización y en la de la derecha la instalación con equipos optimizadores de energía.



Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.483 kWh
Inyección a la red	1.431 kWh
Toma de red	2.447 kWh
Autoconsumo	1.053 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	42,4 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	30,1 %

Figura 84. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.483 kWh
Inyección a la red	558 kWh
Toma de red	1.678 kWh
Autoconsumo	1.925 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	77,5 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	52,1 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	291

Figura 85. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

En este caso la cuota de autarquía ha ascendido si lo comparamos con los valores obtenidos en este mismo perfil de consumo en las anteriores zonas climáticas; y sin embargo la cuota de autoconsumo ha descendido un poco. Aunque el vertido a la red sea alto se puede considerar casi despreciable al compararse con la demanda energética total de la instalación.

La Figura 86, muestra cuanto energía se consume a lo largo de un año de la red sin y con autoconsumo. Sin autoconsumo son consumidos 3500 kWh y con autoconsumo 1678 kWh. La diferencia de estos consumos da la cuota de autarquía. En el eje de abscisas se representan los dos tipos de instalaciones y en el de ordenadas se representa la energía que es necesario consumir de la red en un año en kWh.

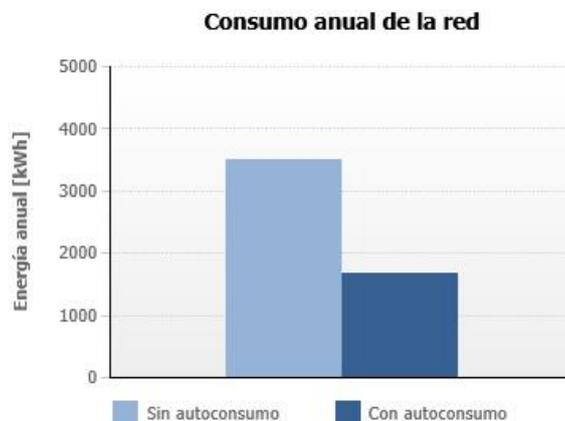


Figura 86. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 87, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las de mayor radiación solar, en la instalación de autoconsumo la energía que consume de la red es menor, llegando a ser casi nula en las horas centrales del día. La energía que es almacenada se consume en aquellas horas en las que no hay radiación solar, por eso a última hora del día el consumo de energía que se hace de la red es menor. En el eje de abscisas se representan las horas de un día y en el de ordenadas la energía anual que se toma de la red kWh.

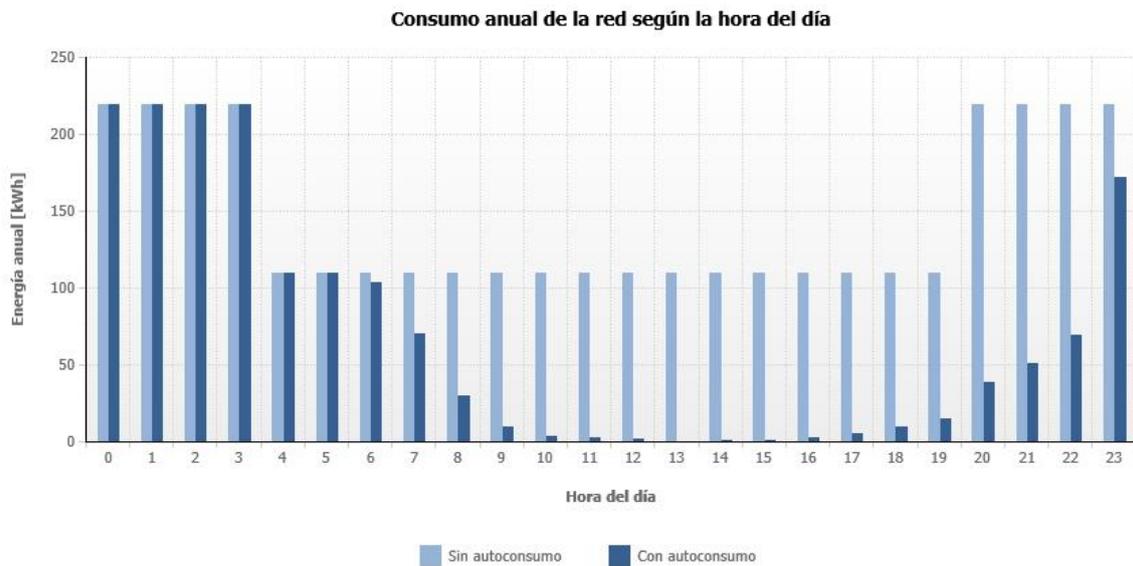


Figura 87. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 88, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Junto con la Figura 89 permitirá realizar un estudio de la tarifa eléctrica como se comentó en apartados anteriores. Para este perfil de consumo no tiene mucho sentido realizar un estudio de tarificación, ya que las potencias que se han de contratar se mantienen constantes en ambas instalaciones y en todos los meses.

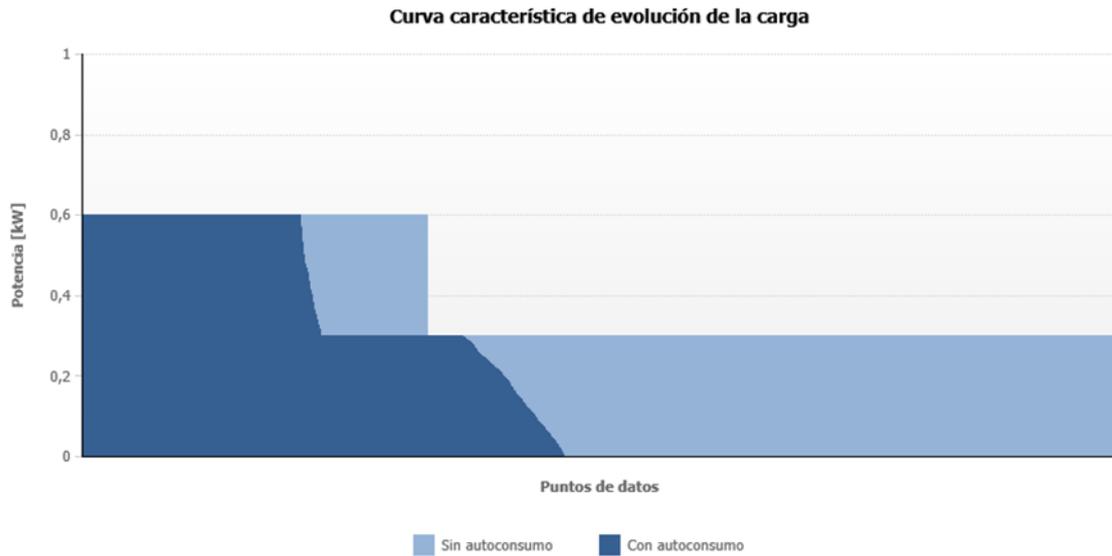


Figura 88. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

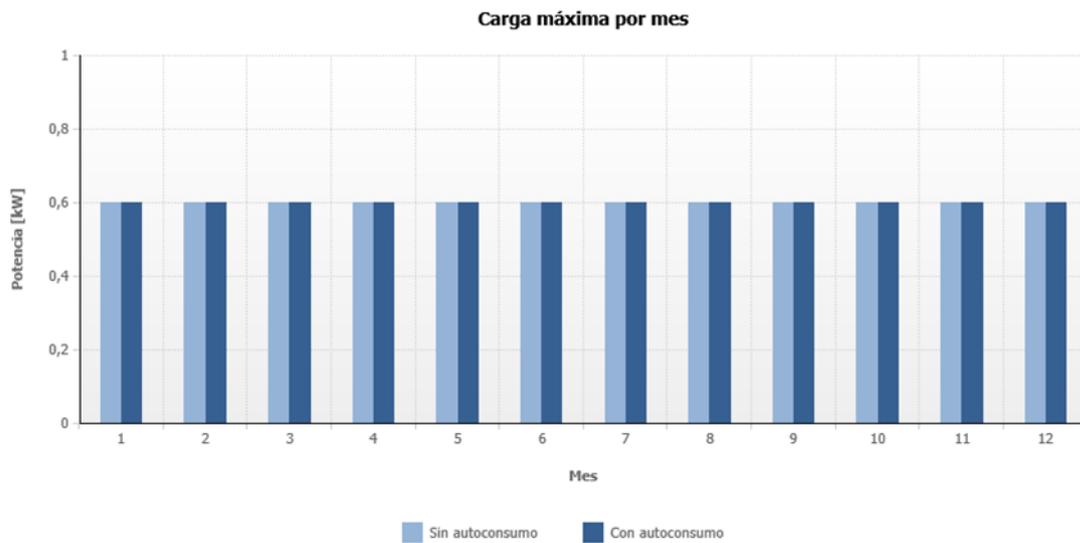


Figura 89. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.4.3. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo B, con horario de verano e invierno.

Como se ha comentado, se creó un segundo perfil de consumo que está dividido en dos, según el horario de invierno y de verano que ya fueron explicados.

Las Figuras 90 y 91, a modo de resumen muestran los resultados obtenidos para esta instalación tipo con el perfil de consumo B, de 3500 kWh/año para la Zona Climática IV. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación tipo sin equipos de optimización de energía y en la de la derecha están los resultados de la instalación con equipos de optimización de energía.

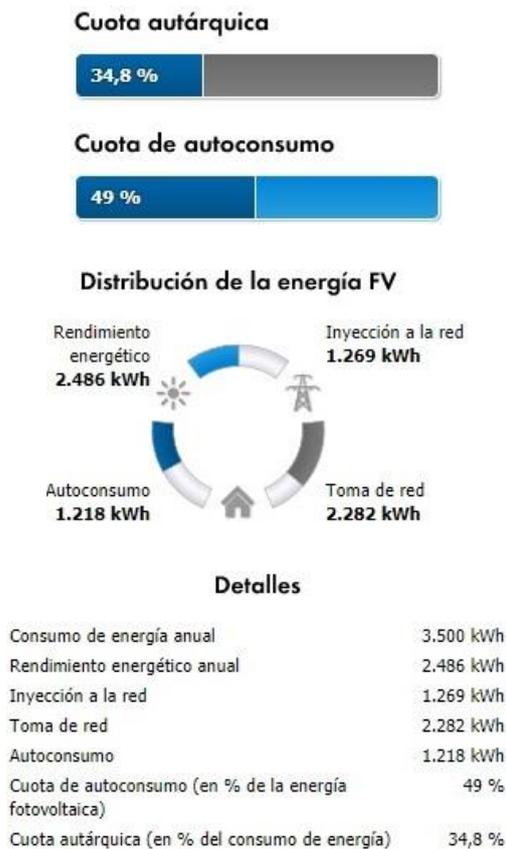


Figura 90. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.



Figura 91. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

Este tipo de perfil B es un caso intermedio entre los dos perfiles de consumo definidos con respecto al solapamiento de la producción solar. La cuota de autarquía es un buen valor obtenido, pero en cambio, la cuota de autoconsumo es un poco baja, esto se puede deber a que la instalación este sobredimensionada.

En la Figura 92, se muestra el consumo anual que hace la instalación de la toma de red sin y con autoconsumo. Sin autoconsumo, la instalación necesita tomar de la red 3500 kWh/año y con autoconsumo 1399 kWh/año. La diferencia de estos valores es la cuota de autarquía. En el eje de abscisas se representan ambas instalaciones y en el de ordenadas la energía que es necesaria tomar de la red en un año en kWh.

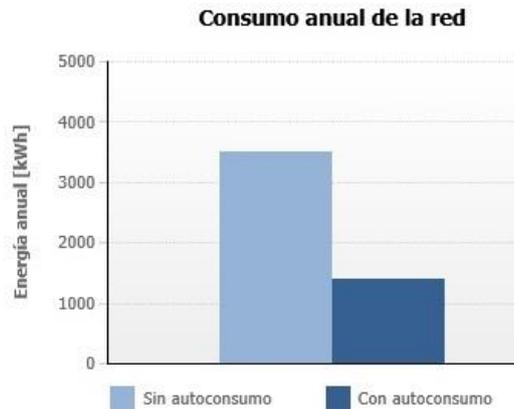


Figura 92. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 93, se muestra el consumo para el horario de verano según la hora del día. Para este perfil de consumo B, el mayor consumo (75%) se da en las horas punta, que son desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde, que coinciden con las horas de mayor radiación solar. Hay horas a lo largo del día, en las que el consumo es tan pequeño que en la instalación con autoconsumo no necesita tomar energía de la red ya que se autoabastece de la energía que generan los módulos fotovoltaicos. Para el horario de verano, la instalación sin autoconsumo consume de la red 2052 kWh y con autoconsumo son consumidos 461 kWh. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía que es necesario consumir al año (kWh).

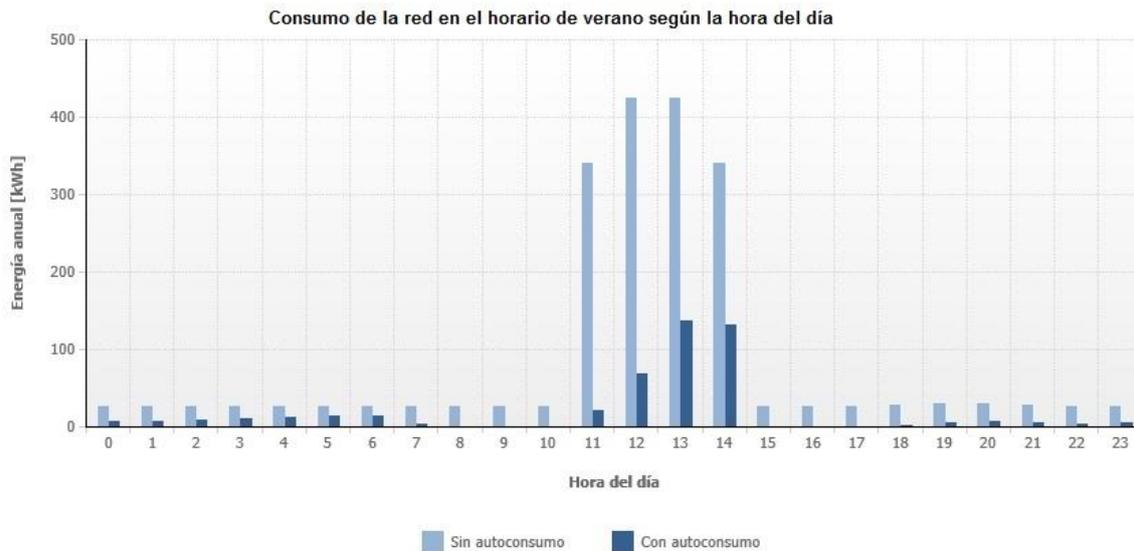


Figura 93. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 94, muestra el consumo de la red según la hora del día para el horario de invierno del perfil de consumo B. En las horas de mayor consumo de la instalación, no existe casi energía solar y para poder cubrir sus necesidades la instalación necesita coger de la red el cien por cien para poder abastecerse. No solo ocurre en este rango de horas, sino que se da en el resto de las horas del día en las que no hay radiación solar. En las horas centrales del día en las que sí existe energía solar, al ser consumos pequeños, casi no hay registros de la necesidad de tomar energía de la red para abastecerse. Sin autoconsumo, la instalación necesita 1448 kWh para abastecerse y con autoconsumo 939 kWh. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía que se toma de la red al año (kWh).

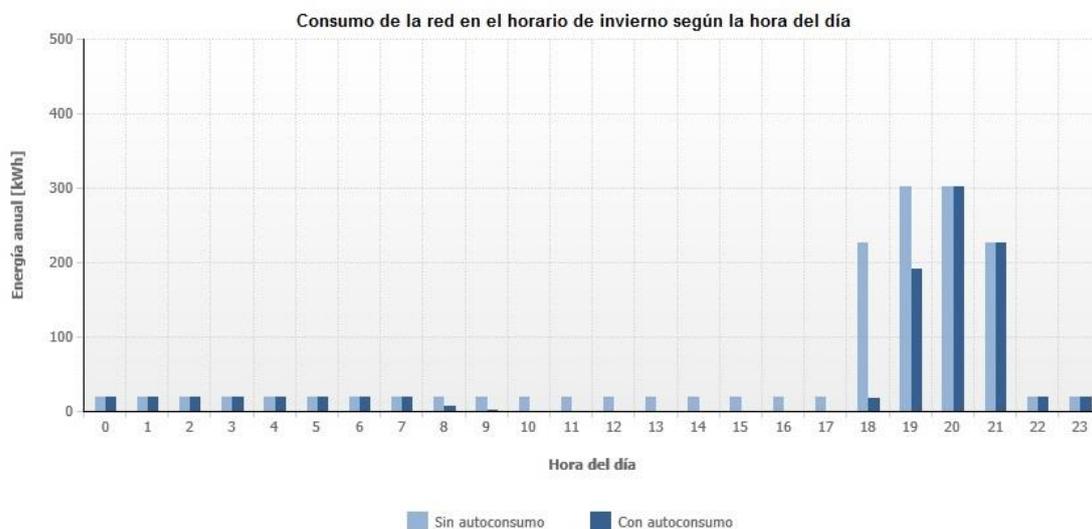


Figura 94. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 95, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo, donde estos valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Que permitirá realizar el estudio tarifario.

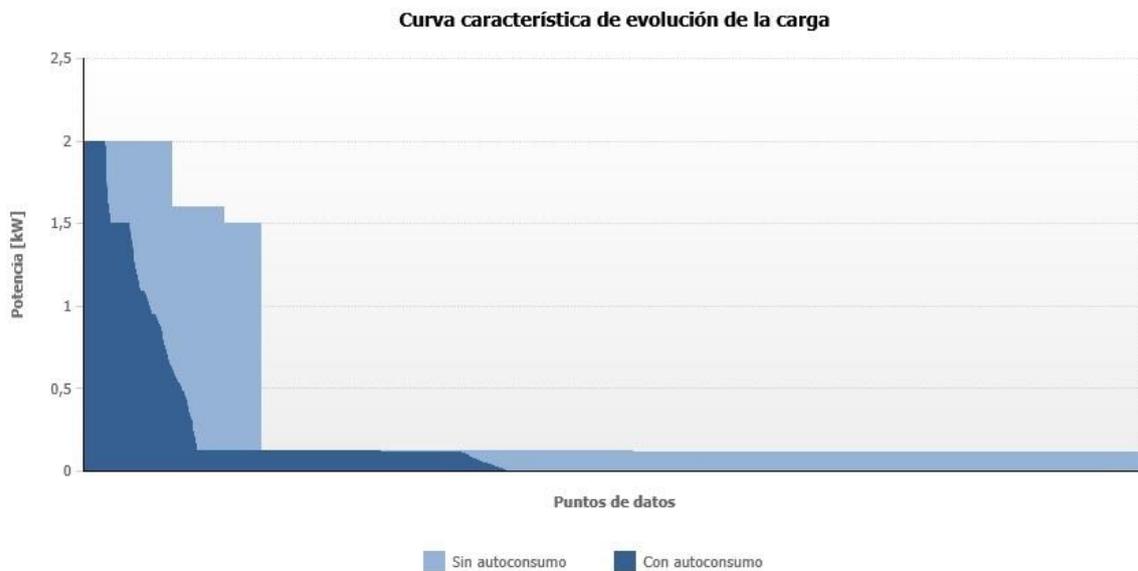


Figura 95. Curva característica de evolución de la carga sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 96, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Esta carga se utiliza en algunas tarifas eléctricas como potencia de facturación mensual. En la instalación sin autoconsumo se observa como todos los meses poseen la misma potencia, en cambio, para la instalación con autoconsumo, los meses que coinciden con el horario de verano, la potencia es menos. En el eje de abscisas son representados los meses del año y en el de ordenadas la potencia en kW.

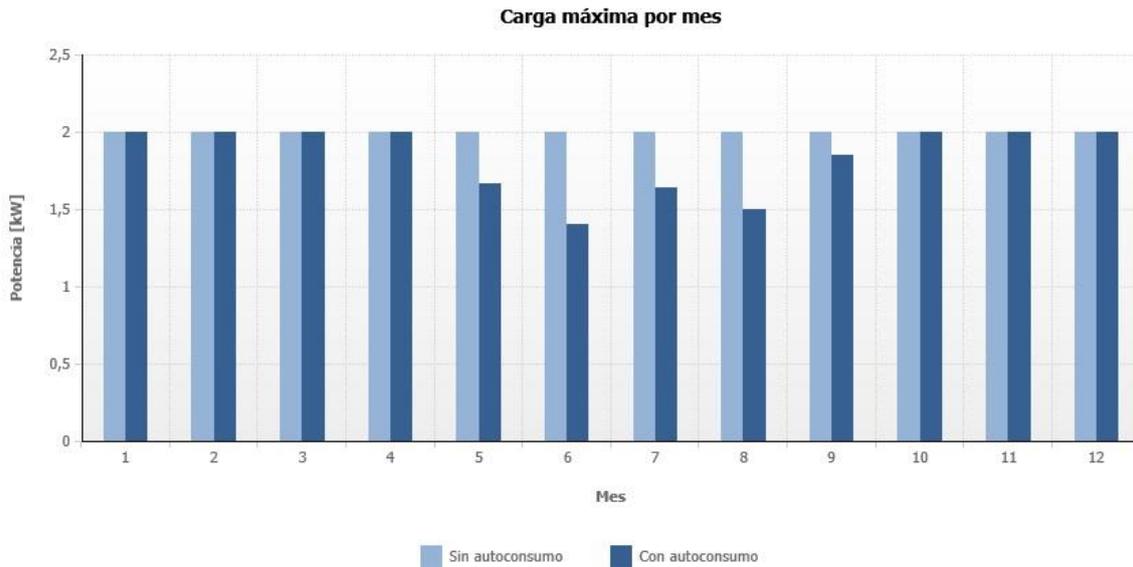


Figura 96. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática IV). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.5. Resultados obtenidos para la Zona Climática V.

3.5.1. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 97 y 98, muestran un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, que es constante a lo largo de todo el año y posee un solapamiento del 80% con la producción solar para la Zona Climática V. Son comparados los resultados de las cuotas de autarquía y de autoconsumo sin equipos optimizadores de energía (izquierda) y con equipos optimizadores (derecha).

Cuota autárquica

52,1 %

Cuota de autoconsumo

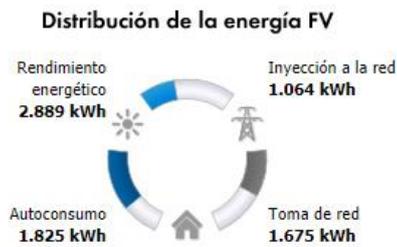
63,2 %

Cuota autárquica

73,9 %

Cuota de autoconsumo

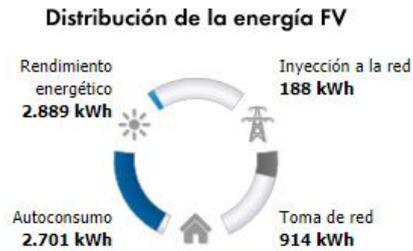
93,5 %



Detalles

Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.889 kWh
Inyección a la red	1.064 kWh
Toma de red	1.675 kWh
Autoconsumo	1.825 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	63,2 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	52,1 %

Figura 97. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.



Detalles

Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.889 kWh
Inyección a la red	188 kWh
Toma de red	914 kWh
Autoconsumo	2.701 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	93,5 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	73,9 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	292

Figura 98. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

Se observa, como la cuota de autarquía para este perfil de consumo en la Zona Climática V ha aumentado, y se debe a que es la zona en la que mayor radiación media anual hay. La cuota de autoconsumo también posee un valor elevado, cercano al 100%. Aunque hayan aumentado los kWh que se vierten a la red, se pueden tomar casi despreciables comparado con la demanda energética que se tiene anualmente.

La Figura 99, muestra gráficamente cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo se consumen de la red 3500 kWh y con autoconsumo 914 kWh al año, la diferencia de estos valores da la cuota de autarquía. Si se compara esta energía anual tomada de la red para este mismo perfil en las otras zonas climáticas se observa como al haber mayor radiación en esta zona climática la energía que se toma de la red disminuye. En el eje de abscisas se representan sendas instalaciones y en el de ordenadas la energía anual que es necesario tomar de la red en kWh.

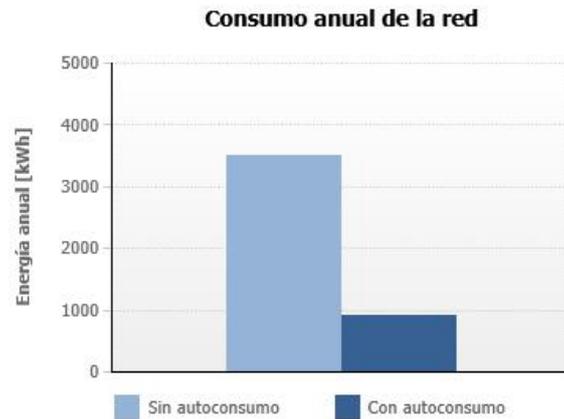


Figura 99. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 80% respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 100, se muestra cuanta energía se ha consumido de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor producción solar tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor. Esto se debe a que existe una mayor radiación solar y se genera más energía fotovoltaica para autoconsumir y, además, esta radiación solar sirve para almacenar ese exceso de energía en las baterías para poderlo aprovechar en aquellas horas en las que no haya radiación solar. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía anual que es necesario tomar de la red en kWh.

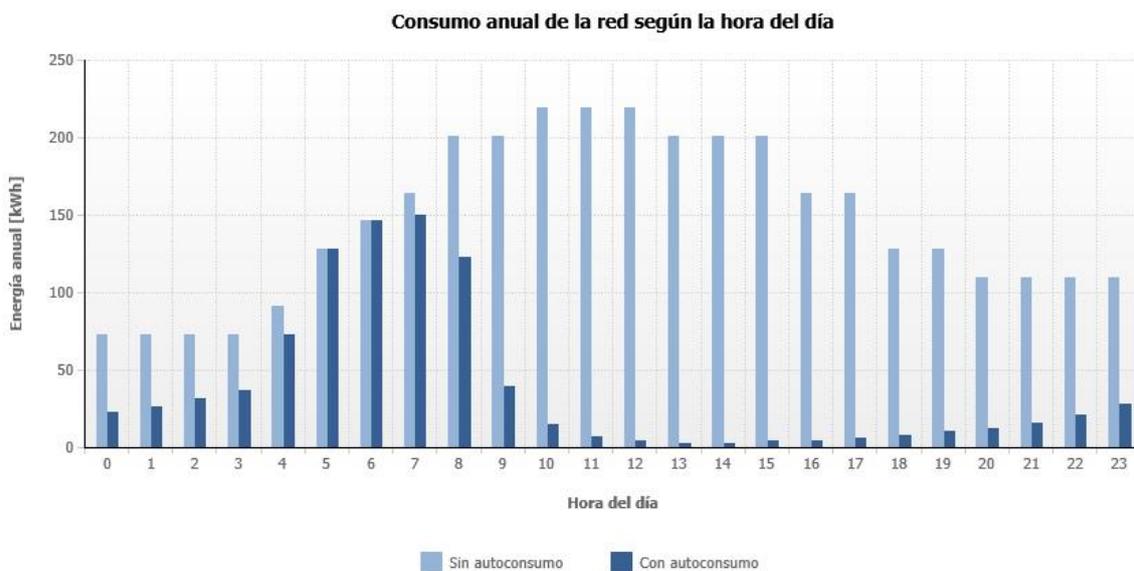


Figura 100. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 101, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Como ya se ha comentado anteriormente, esta gráfica sirve para ver la potencia máxima que se ha de contratar en una instalación y ver como varia el autoconsumo.

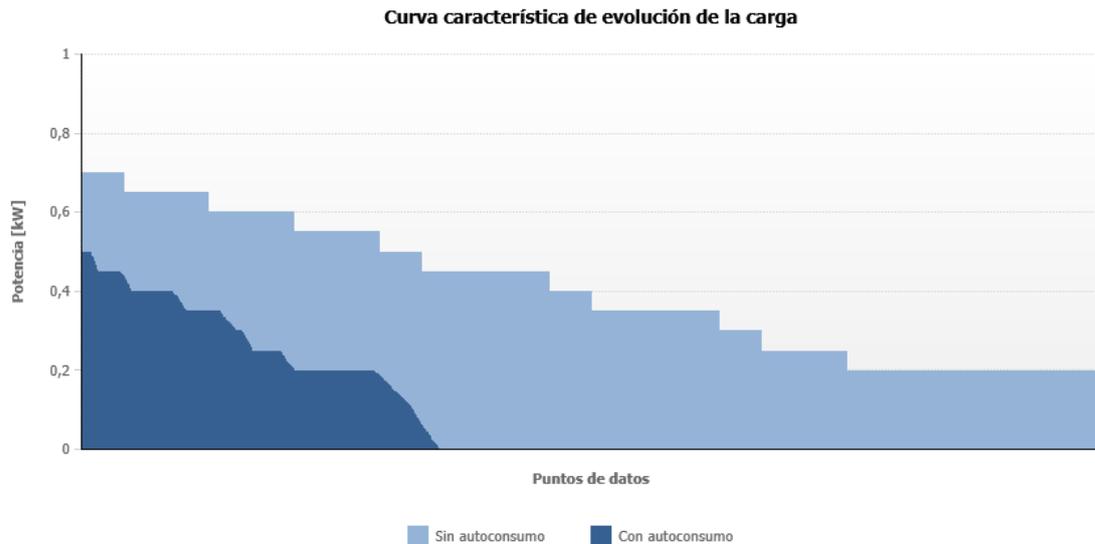


Figura 101. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 80% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 102 muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. En la instalación sin autoconsumo todos los meses del año poseen la misma potencia, en cambio, para la instalación con autoconsumo la potencia es distinta a lo largo del año. La potencia mensual que posee la instalación con autoconsumo es menor que la potencia que posee la misma instalación sin autoconsumo. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas se representa la potencia en kW.

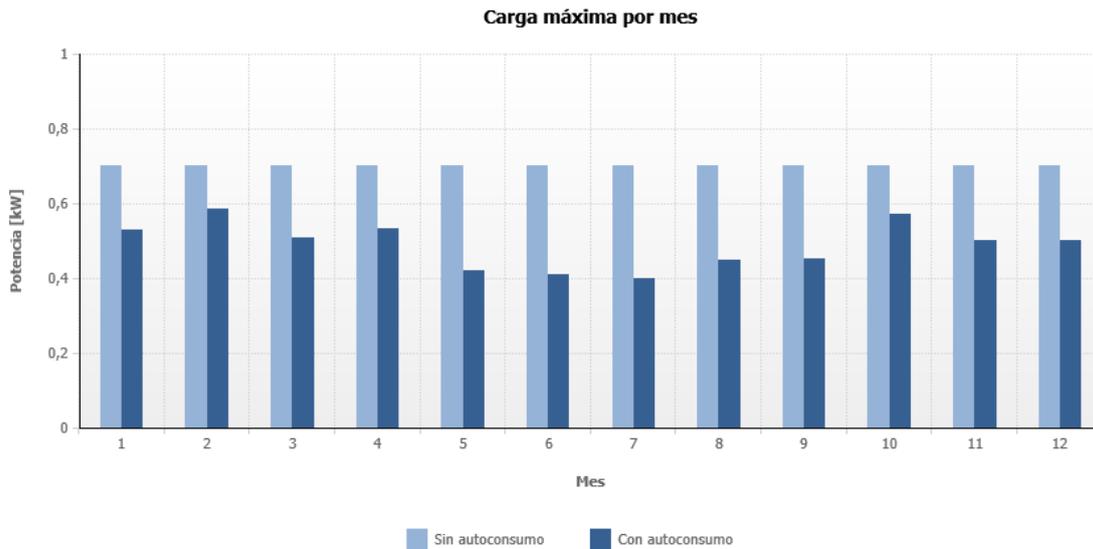
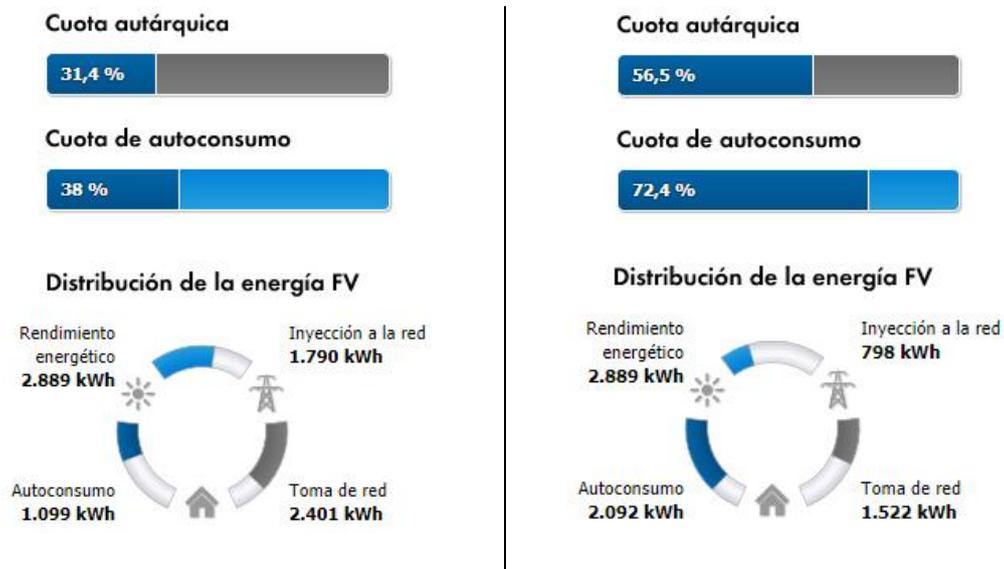


Figura 102. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 80% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Dsign Web.

3.5.2. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Las Figuras 103 y 104, tienen un resumen de la instalación tipo para el perfil de consumo A, siendo constante a lo largo de todo el año, el cual posee un solapamiento del 50% con respecto a la producción solar en la Zona Climática V. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación sin optimización y en la de la derecha la instalación con equipos optimizadores de energía.



Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.889 kWh
Inyección a la red	1.790 kWh
Toma de red	2.401 kWh
Autoconsumo	1.099 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	38 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	31,4 %

Figura 103. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

Detalles	
Consumo de energía anual	3.500 kWh
Rendimiento energético anual	2.889 kWh
Inyección a la red	798 kWh
Toma de red	1.522 kWh
Autoconsumo	2.092 kWh
Cuota de autoconsumo (en % de la energía fotovoltaica)	72,4 %
Cuota autárquica (en % del consumo de energía)	56,5 %
Capacidad nominal total	3,00 kWh
Flujos anuales de capacidad nominal de la batería	331

Figura 104. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

Al igual que pasa con este mismo perfil en las otras zonas climáticas, se observa un valor de la cuota de autarquía aceptable, sin embargo, el valor de la cuota de autoconsumo no es todo lo bueno que debería de ser. El poseer un valor de la cuota de autarquía aceptable se debe a la radiación recibida en esta zona, que es mayor que la media recibida en las anteriores zonas climáticas.

La Figura 105, muestra cuanta energía se consume a lo largo de un año de la red sin y con autoconsumo. Sin autoconsumo son consumidos al año 3500 kWh y con autoconsumo 1522 kWh anuales, la diferencia de estos valores da la cuota de autarquía. En el eje de abscisas son representadas ambas instalaciones y en el de ordenadas el consumo anual de la red en kWh.

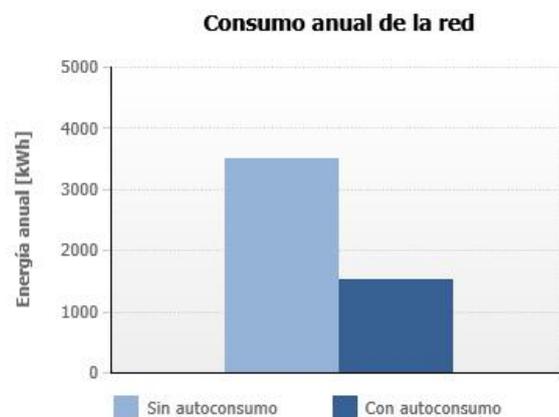


Figura 105. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo. Perfil de consumo A con solapamiento del 50% respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 106, se muestra cuanto energía se consume de la red en un año y a una hora determinada del día. Se observa como en las horas centrales del día que son las que mayor producción solar tienen, en la instalación que es de autoconsumo la energía que consume de la red es menor, llegando a ser nula en las horas centrales del día, en las que hay energía solar. En estas horas centrales, a parte, de producir energía solar para consumirla en el momento, almacena ese exceso de energía para consumirla después, aunque existan determinadas horas en las que necesite consumir de la red casi el 100% para cubrir sus necesidades. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía que se consume al año (kWh).

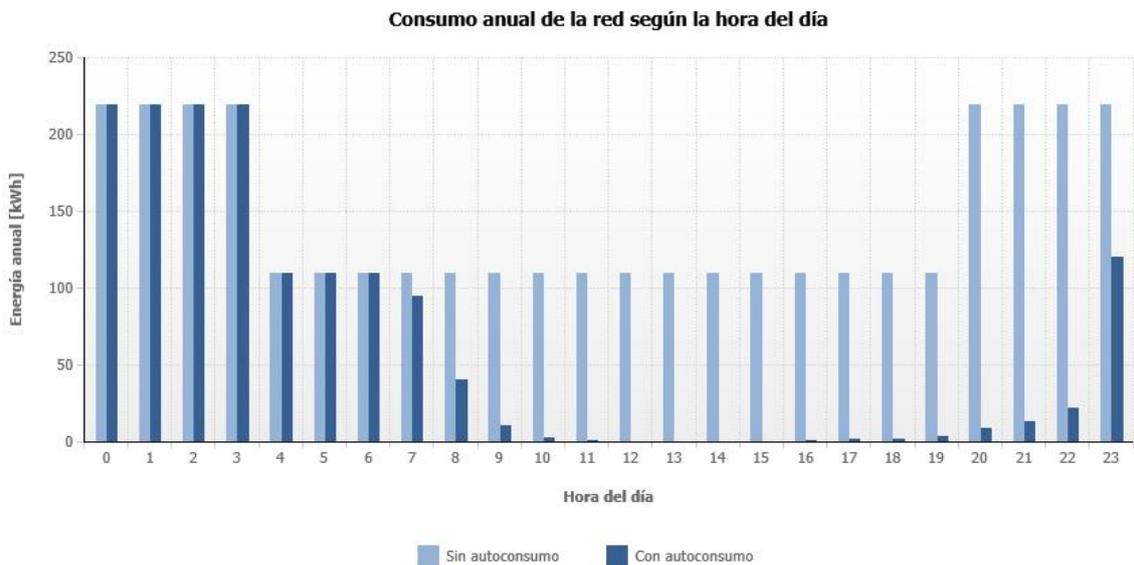


Figura 106. Consumo anual de la red según la hora del día. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 107, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo. Los valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Junto con la Figura 108, se podría realizar el estudio de tarificación eléctrica como se ha explicado en los apartados anteriores.

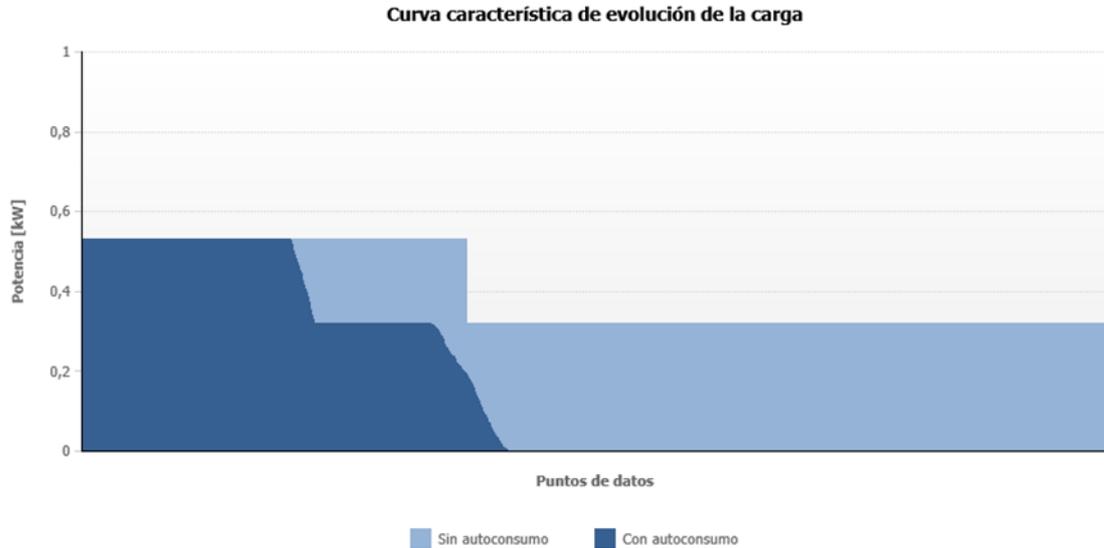


Figura 107. Curva característica de evolución de la carga para el perfil de consumo A con 50% de solapamiento respecto a la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 108, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. Para este perfil de consumo, la potencia en cada uno de los meses es la misma tanto para la instalación sin y con autoconsumo, por tanto, no tiene mucho sentido realizar un estudio de tarificación para este caso. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas la potencia (kW).

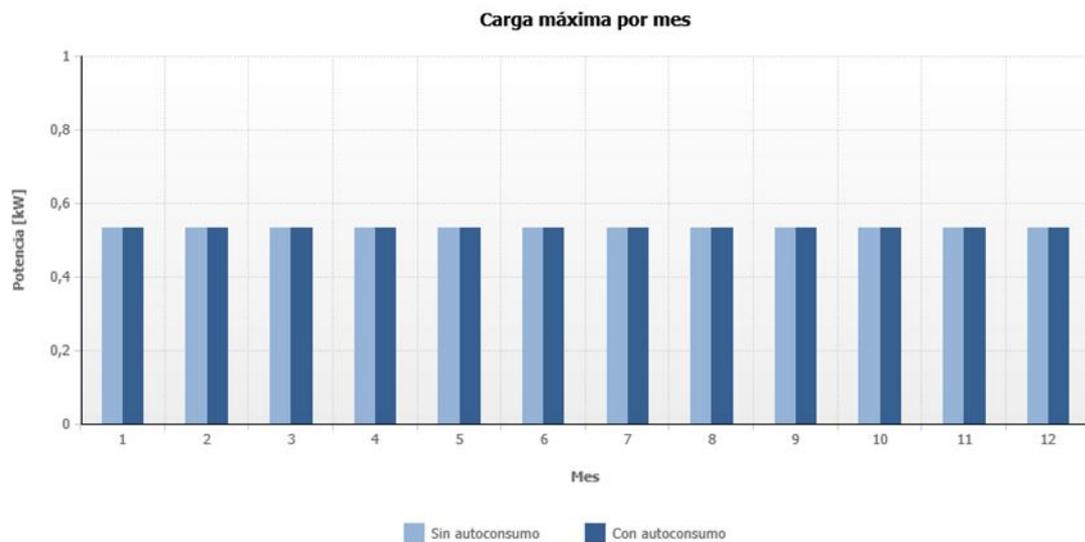


Figura 108. Carga máxima por mes. Perfil de consumo A con 50% de solapamiento con la producción solar (Zona Climática V). Fuente: Sunny Dseign Web.

3.5.3. Dimensionado de la instalación tipo para el perfil de consumo B, con horario de verano e invierno.

Como se comentó con anterioridad, se creó un segundo perfil de consumo que estará dividido en horario de invierno y de verano según la tarificación del consumo eléctrico.

Las Figuras 109 y 110, a modo de resumen muestran los resultados obtenidos para esta instalación tipo con el perfil de consumo B, de 3500 kWh/año para la Zona Climática V. En la figura de la izquierda se muestran los resultados de la instalación tipo sin equipos de optimización de energía y en la de la derecha están los resultados de la instalación con equipos de optimización de energía.



Figura 109. Sin optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

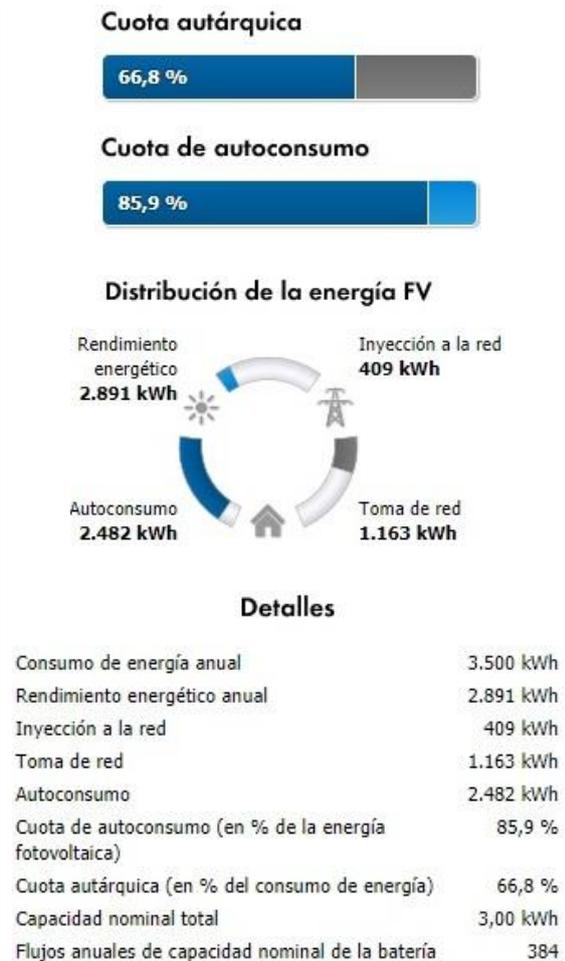


Figura 110. Con optimización de autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

Al igual que pasa con este perfil en el resto de las zonas climáticas es una situación intermedia de los dos perfiles de consumo A creados. Posee una buena cuota de autarquía, sin embargo, la cuota de autoconsumo no es tan buena como lo deseado, esto se puede deber a la distribución del consumo diario.

La Figura 111, se muestra el consumo anual que hace la instalación de la toma de red sin autoconsumo y con autoconsumo. Sin autoconsumo, la instalación necesita tomar de la red 3500 kWh al año y con autoconsumo la instalación necesita de la red 1163 kWh/año. La diferencia de estos valores da la cuota de autarquía. En el eje de abscisas son representadas sendas instalaciones y en el de ordenadas la energía anual consumida en kWh.

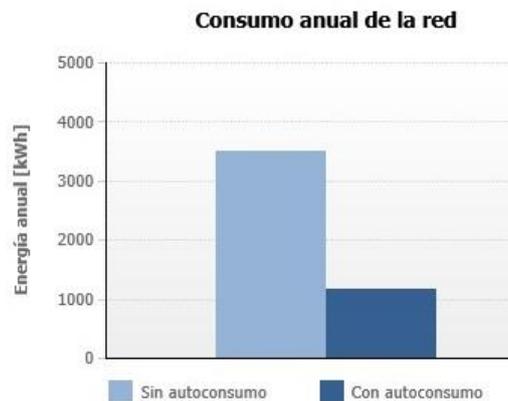


Figura 111. Consumo anual de la red sin y con autoconsumo para el perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

En la Figura 112, se muestra el consumo para el horario de verano según la hora del día. Para este perfil de consumo B, el mayor consumo (75%) se da en las horas punta, que son desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde, que coinciden con las horas de ración solar. Hay horas a lo largo del día, en las que el consumo es tan pequeño que en la instalación con autoconsumo no toma energía de la red. Esto se debe, a que la instalación posee baterías para almacenar la energía que se produce en la instalación fotovoltaica y es suministrada en aquellos momentos en los que la instalación tipo los necesita. Para el horario de verano, la instalación sin autoconsumo consume de la red 2052 kWh y con autoconsumo son consumidos 273 kWh. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía anual que es necesario tomar de la red en kWh.

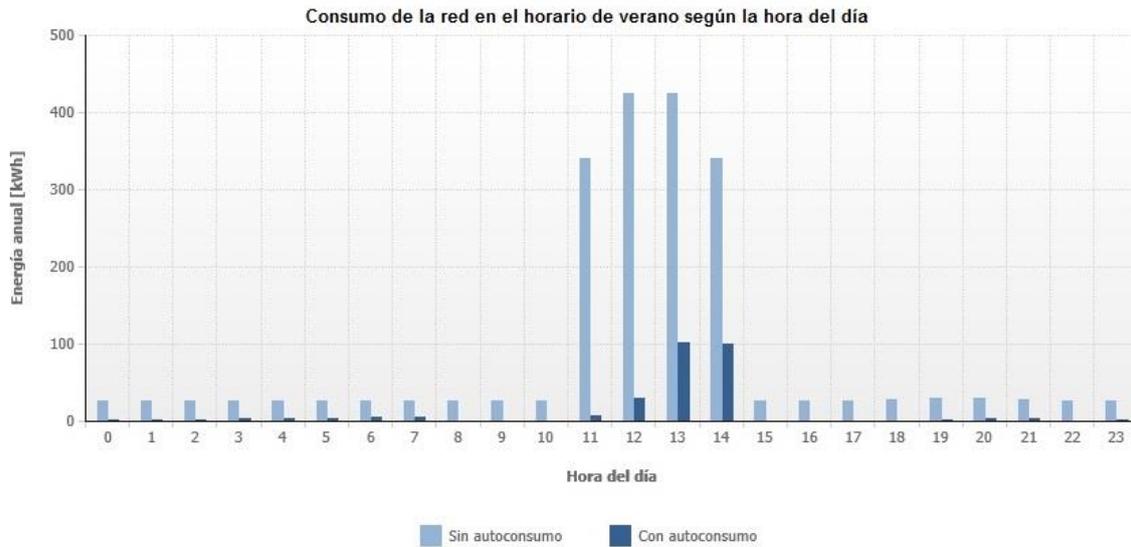


Figura 112. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de verano (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 113, muestra el consumo de la red según la hora del día para el horario de invierno del perfil de consumo B. En las horas de mayor consumo de la instalación, son horas en las que no existe casi energía solar y para poder cubrir sus necesidades la instalación necesita coger de la red el cien por cien para poder abastecerse. No solo ocurre en este rango de horas, sino que se da en el resto de las horas del día en las que no hay radiación solar. En las horas centrales del día en las que sí existe energía solar, no hay registros de la necesidad de tomar energía de la red para abastecerse. Sin autoconsumo, la instalación necesita 1448 kWh/año y con autoconsumo 890 kWh/año. En el eje de abscisas se representan las horas del día y en el de ordenadas la energía anual que se consume de la red en kWh.

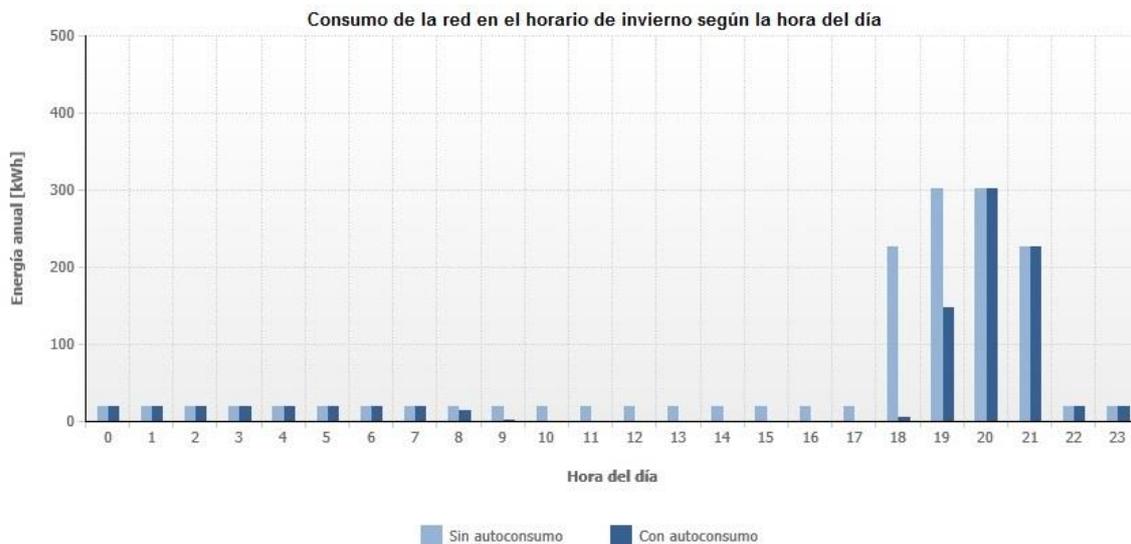


Figura 113. Consumo de la red sin y con autoconsumo según la hora del día. Perfil de consumo B, horario de invierno (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 114, muestra la distribución de la potencia obtenida de la toma de la red en forma de curva característica de evolución de la carga, sin y con autoconsumo, donde estos valores de potencia de un año están ordenados por tamaño. Junto con la Figura 115, se podrá realizar el estudio tarifario.

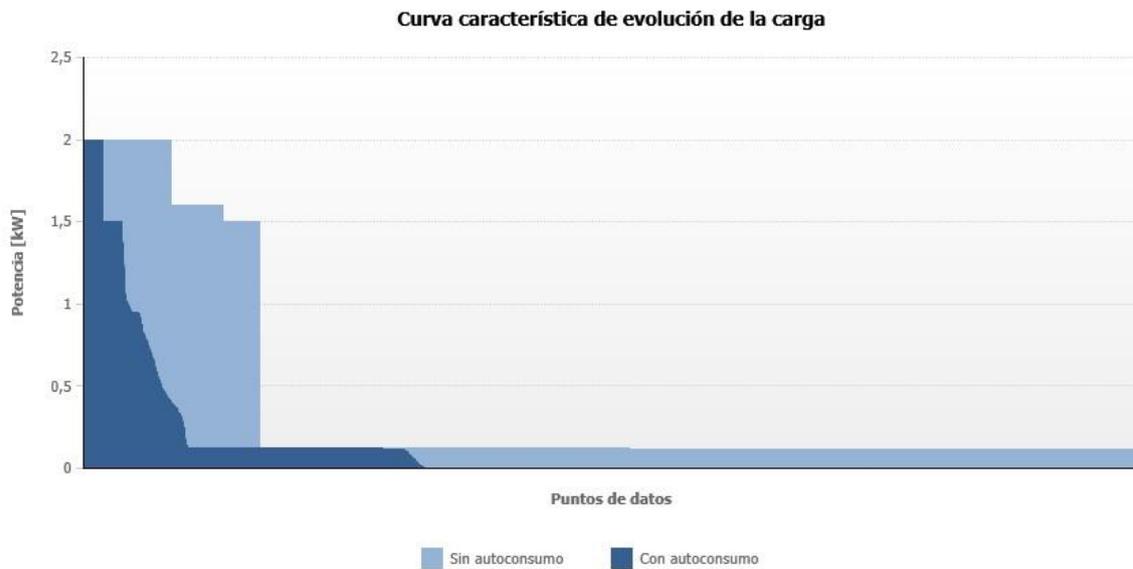


Figura 114. Curva característica de evolución de la carga. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

La Figura 115, muestra la potencia máxima obtenida de la toma de red por mes durante un año. En el eje de abscisas se representan los meses del año y en el de ordenadas la potencia (kW).

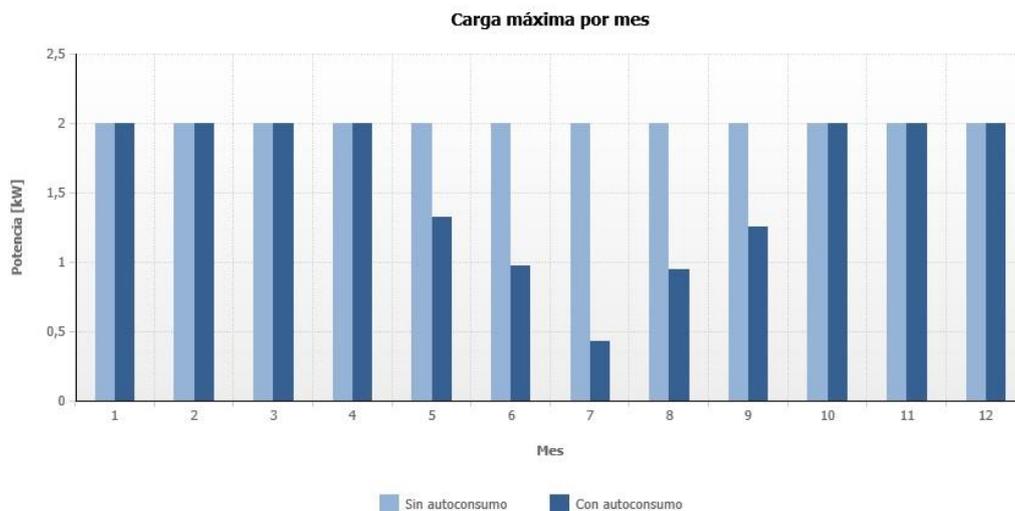


Figura 115. Carga máxima por mes sin y con autoconsumo. Perfil de consumo B (Zona Climática V). Fuente: Sunny Design Web.

4. Resultados económicos.

En la siguiente tabla (Tabla 24), se muestran los costes para el peaje de acceso a la tarifa 3.0A según la *Orden IET/107/2014* (España, 2014) para la instalación sin autoconsumo, los costes de la *Orden ETU/1976/2016* (España, 2016) para la instalación con autoconsumo junto con el precio de la energía eléctrica que se consume de la red según los informes de *Evolución del mercado de energía eléctrica* (OMIE, 2016) publicados para cada uno de los meses del año 2016, el impuesto de la electricidad y el IVA.

Tabla con los costes para la instalación tipo según el peaje de acceso 3.0A.

Costes	Punta	Llano	Valle
Termino en función de la potencia (<i>Orden IET/107/2014</i>) €/kW y año	40,728885	24,437330	16,291555
Término en función de la energía (<i>Orden IET/107/2014</i>) €/kWh	0,018762	0,012575	0,004670
Cargo variable sobre el autoconsumo (<i>Orden ETU/1976/2016</i>) €/kWh	0,020568	0,013696	0,008951
Precio energía según <i>OMIE en 2016</i> €/kWh	0,053515	0,049915	0,04197
Impuesto de la electricidad (%)	5,11269632		
IVA (%)	21		

Tabla 24. Costes para el peaje 3.0A. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se muestra los resultados obtenidos para la instalación sin autoconsumo, para cada uno de los perfiles diseñados, debido a que estos costes son iguales en cada una de las Zonas Climáticas, porque el consumo que se necesita suministrar de la red es igual en todas las Zonas Climáticas. En segundo lugar, serán mostrados los costes de la instalación con autoconsumo para cada una de las zonas según los perfiles de consumo diseñados y su periodo de retorno.

4.1. Estudio económico para la instalación sin autoconsumo en las cinco Zonas Climáticas.

4.1.1. Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 25, se muestra para cada periodo de tarificación diario los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Sin Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales	680	1975	845	3500
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función del término de potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,19
Precio en función del término de energía €	12,76	24,84	3,95	41,54
Precio de la energía según OMIE €	36,39	98,58	35,46	170,44
Impuesto de electricidad €				94,13
IVA €				406,41
Total €/año Sin Autoconsumo				260,85

Tabla 25. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

La Tabla 26, muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Sin Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales	512	1656	1332	3500
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio en función de la energía €	9,61	20,82	6,22	36,65
Precio de la energía según OMIE €	27,40	82,66	55,90	165,96
Impuesto electricidad €				93,65
IVA €				404,34
Total €/año Sin Autoconsumo				2329,76

Tabla 26. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Para el perfil de consumo B.

La Tabla 27, muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación sin autoconsumo para el perfil de consumo B.

Sin Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales	2600	540	360	3500
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio en función de la energía €	48,78	6,76	1,68	57,25
Precio de la energía según OMIE €	139,14	26,95	15,11	181,20
Impuesto de electricidad €				95,49
IVA €				412,25
Total €/año Sin Autoconsumo				2375,35

Tabla 27. Costes sin autoconsumo para el perfil de consumo B sin autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática I.

4.2.1 Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

La Tabla 28, muestra para cada periodo tarifario diario los kWh autoconsumidos anuales, es decir, los que genera la instalación fotovoltaica, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática I

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	468	1189	97	1754
kWh totales consumidos de la red	212	786	748	1746
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	9,63	16,28	0,87	26,78
Precio energía consumida de la red €	3,98	9,88	3,49	17,35
Precio de la energía según OMIE €	11,35	39,23	31,39	81,97
Impuesto electricidad €				88,37
IVA €				381,54
Total €/año Con Autoconsumo				2225,17

Tabla 28. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para este mismo perfil de consumo, para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2341,67 €, por tanto, se obtiene un ahorro de 116,50 €.

4.2.2. Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 29, se muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son autoconsumidos de la instalación fotovoltaica al año, los kWh que son consumidos de la red anual, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación junto con sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática I.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	378	1114	12	1504
kWh totales consumidos de la red	134	542	1320	1996
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	7,77	15,26	0,11	23,14
Precio energía consumida de la red €	2,51	6,82	6,16	15,49
Precio de la energía según OMIE €	7,17	27,05	55,40	89,63
Impuesto de la electricidad €				88,67
IVA €				382,82
TOTAL €/año Con Autoconsumo				228,90

Tabla 29. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática I. Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para el perfil de consumo A con el 50% de consumo respecto a la producción solar, para una instalación sin autoconsumo al año se gastan 2329,76 €, se obtiene un ahorro de 100,86 €.

4.2.3. Para el perfil de consumo B

En la Tabla 30, se muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son producidos en la instalación fotovoltaica, es decir, los autoconsumidos al año, los kWh

que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo B en la Zona Climática I.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	1101	417	111	1629
kWh totales consumidos de la red	1499	123	249	1871
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	22,65	5,71	0,59	29,35
Precio energía consumida de la red €	28,12	1,55	1,16	30,83
Precio de la energía según OMIE €	80,22	6,14	10,45	96,81
Impuesto de la electricidad €				89,92
IVA €				387,79
Total €/año Con Autoconsumo				2263,76

Tabla 30. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática I.
Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo B sin autoconsumo al año se gastan 2375,35 €, por tanto, se produce un ahorro de 111,59 €.

4.3. *Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática II.*

4.3.1. Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

La Tabla 31, muestra para cada periodo tarifario diarios los kWh que son autoconsumidos de la instalación fotovoltaica al año, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática II.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	570	1522	137	2229
kWh totales consumidos de la red	110	453	708	1271
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1626,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	11,72	20,85	1,23	33,80
Precio energía consumida de la red €	2,06	5,70	3,31	11,07
Precio de la energía según OMIE €	5,89	22,61	29,71	58,21
Impuesto de electricidad €				86,84
IVA €				374,91
Total €/año Con Autoconsumo				2193,97

Tabla 31. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar, la instalación sin autoconsumo al año gasta 2341,67 € por tanto, se producirá un ahorro de 147,70 €.

4.3.2. Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 32, aparece para cada periodo tarifario diario los kWh autoconsumidos al año, los kWh que son consumidos de la red anuales, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática II.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	437	1312	54	1803

kWh totales consumidos de la red	75	344	1278	1697
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	8,99	17,97	0,48	27,44
Precio energía consumida de la red €	1,41	4,33	5,97	11,70
Precio de la energía según OMIE €	4,01	17,17	53,64	74,82
Impuesto electricidad €				87,72
IVA €				378,71
Total €/año Con Autoconsumo				2209,55

Tabla 32. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática II. Fuente: Elaboración propia.

Para este mismo perfil de consumo, pero para una instalación sin autoconsumo al año se gastan 2329,76 €, por tanto, se ahorran 120,21 €.

4.3.3. Para el perfil de consumo B.

En la Tabla 33, se muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son consumidos de la instalación fotovoltaica, es decir, los autoconsumidos anualmente, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo B en la Zona Climática II.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	1380	465	145	1990
kWh totales consumidos de la red	1220	75	215	1510
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	28,38	6,37	1,30	36,05
Precio energía consumida de la red €	22,89	0,94	1,00	24,84

Precio de la energía según OMIE €	65,29	3,74	9,02	78,06
Impuesto electricidad €				88,55
IVA €				382,33
Total €/año Con Autoconsumo				2238,98

Tabla 33. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática II.
Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para el mismo perfil de consumo para la instalación sin autoconsumo se gastan 2375,35 € anuales, por tanto, se ahorrarán 136,37

4.4. Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática III.

4.4.1. Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 34, se muestra para cada periodo tarifario diario los kWh que son autoconsumidos anualmente de la instalación fotovoltaica, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática III.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	535	1355	138	2028
kWh totales consumidos de la red	145	620	707	1472
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	11,00	18,56	1,24	30,80
Precio energía consumida de la red €	2,72	7,80	3,30	13,82
Precio de la energía según OMIE €	7,76	30,95	29,67	68,38

Impuesto de electricidad €	87,50
IVA €	377,76
Total €/año Con Autoconsumo	2207,41

Tabla 34. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para este mismo perfil de consumo para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 22341,61 €, por tanto, se ahorran 134,26 €.

4.4.2. Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 35, donde aparece para cada periodo tarifario diarios los kWh autoconsumidos al año, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática III.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	386	1239	30	1655
kWh totales consumidos de la red	126	417	1302	1845
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	7,94	16,97	0,27	25,18
Precio energía consumida de la red €	2,36	5,24	6,08	13,69
Precio de la energía según OMIE €	6,74	20,81	54,64	82,20
Impuesto de electricidad €				88,20
IVA €				380,78
Total €/año Con Autoconsumo				2219,20

Tabla 35. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática III. Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2329,76 €, por tanto, se ahorran 110,56 €.

4.4.3. Para el perfil de consumo B.

En la Tabla 36, donde aparece para cada periodo tarifario diario los kWh autoconsumidos anuales, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo B en la Zona Climática III.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	1288	441	146	1875
kWh totales consumidos de la red	1312	99	214	1625
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	26,49	6,04	1,31	33,84
Precio energía consumida de la red €	24,62	1,24	1,00	26,86
Precio de la energía según OMIE €	70,21	4,94	8,98	84,13
Impuesto electricidad €				88,97
IVA €				348,11
Total €/año Con Autoconsumo				2247,07

Tabla 36. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática III.

Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que para el perfil de consumo B para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2375,35 €, por tanto, se ahorran 128,27 €.

4.5. Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática IV.

4.5.1. Estudio económico para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 37, se muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos y se producen en la instalación solar al año, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes obtenidos.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática IV.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Totales
kWh totales autoconsumidos	571	1557	170	2298
kWh totales consumidos de la red	109	418	675	1202
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	11,74	21,32	1,52	34,59
Precio energía consumida de la red €	2,05	5,26	3,15	10,45
Precio de la energía según OMIE €	5,83	20,86	28,33	55,03
Impuesto de electricidad €				86,64
IVA €				374,07
Total €/año Con Autoconsumo				2189,94

Tabla 37. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática IV. Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2341,67 €, por tanto, se ahorran 151,73 €.

4.5.2. Estudio económico para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 38, se muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos al año y se producen en la instalación solar, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes obtenidos.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática IV.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	435	1333	54	1822
kWh totales consumidos de la red	77	323	1278	1678
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	8,95	18,26	0,48	27,69
Precio energía consumida de la red €	1,44	4,06	5,97	11,47
Precio de la energía según OMIE €	4,11	16,12	53,64	73,87
Impuesto electricidad €				87,66
IVA €				378,45
Total €/año Con Autoconsumo				2208,30

Tabla 38. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática IV Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2329,76 €, por tanto, se ahorran 121,39 €.

4.5.3. Estudio económico para el perfil de consumo B

En la Tabla 39, se muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos y se producen en la instalación solar anualmente, los

kWh que son consumidos de la red anualmente, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes obtenidos.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo B en la Zona Climática IV.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	1488	471	141	2100
kWh totales consumidos de la red	1112	69	219	1400
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	30,61	6,45	1,26	38,32
Precio energía consumida de la red €	20,86	0,87	1,02	22,75
Precio de la energía según OMIE €	59,51	3,44	9,19	72,14
Impuesto electricidad €				88,15
IVA €				380,56
Total €/año Con Autoconsumo				2231,08

Tabla 39. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática IV.
Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo B en la instalación sin autoconsumo, al año se gastan 444,65 €, por tanto, se ahorran 144,27 €.

4.6. Estudio económico para la instalación con autoconsumo en la Zona Climática V.

4.6.1. Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

En la Tabla 40, se muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos al año y se producen en la instalación solar, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes obtenidos.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática V.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	639	1703	244	2586
kWh totales consumidos de la red	41	272	601	914
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	13,14	23,32	2,18	38,65
Precio energía consumida de la red €	0,77	3,42	2,81	7,00
Precio de la energía según OMIE €	2,19	13,58	25,22	40,99
Impuesto electricidad €				85,75
IVA €				370,21
Total €/año Con Autoconsumo				2171,75

Tabla 40. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar, para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2341,67 €, por tanto se ahorran 169,92 €.

4.6.2. Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

La Tabla 41, muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos y se producen en la instalación solar anualmente, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes obtenidos.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar en la Zona Climática V

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	483	1475	20	1978
kWh totales consumidos de la red	29	181	1312	1522
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	9,93	20,20	0,18	30,31
Precio energía consumida de la red €	0,54	2,28	6,13	8,95
Precio de la energía según OMIE €	1,55	9,03	55,06	65,65
Impuesto electricidad €				87,11
IVA €				376,08
TOTAL €/año Con Autoconsumo				2197,26

Tabla 41. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar para la Zona Climática V. Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar, para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 22329,76 €, por tanto, se ahorran 132,50 €.

4.6.3. Para el perfil de consumo B.

En la Tabla 42, se muestra para cada uno de los periodos de tarificación diarios los kWh que son autoconsumidos y se producen en la instalación solar anualmente, los kWh que son consumidos de la red al año, la potencia a la que se realiza la acometida de la instalación, y sus precios correspondientes.

Tabla con los costes de la instalación con autoconsumo para el perfil de consumo B en la Zona Climática V.

Con Autoconsumo	Punta	Llano	Valle	Total
kWh totales autoconsumidos	1693	472	172	2337

kWh totales consumidos de la red	907	68	188	1163
Potencia Contratada	20	20	20	20
Precio en función de la potencia €	814,58	488,75	325,83	1629,16
Precio variable sobre el autoconsumo €	34,82	6,46	1,54	42,83
Precio energía consumida de la red €	17,02	0,86	0,88	18,75
Precio de la energía según OMIE €	48,54	3,39	7,89	59,82
Impuesto electricidad €				87,31
IVA €				376,96
Total €/año Con Autoconsumo				2214,82

Tabla 42. Costes con autoconsumo para el perfil de consumo B para la Zona Climática V.
Fuente: Elaboración propia.

Para el perfil de consumo B para la instalación sin autoconsumo al año se gastan 2375,35 €, por tanto, se ahorran 160,52 €.

5. Discusiones obtenidas del dimensionamiento.

A continuación, en la Tabla 43 se muestra la cuota de autoconsumo donde se muestra en función de cada una de las zonas climáticas y su perfil de consumo correspondiente. Se observa como al aumentar la zona climática esta cuota disminuye, por ende, se puede decir que la cuota de autoconsumo no está influenciada por la radiación solar incidente, sino más bien por el tipo de perfil de consumo que se tenga.

Tabla con la cuota de autoconsumo.

Zona Climática	Perfil A (80% solapamiento)	Perfil A (50% solapamiento)	Perfil B
I	96,6	84,5	92,1
II	95,9	79	87,4
III	95,8	79,5	90,7
IV	95,7	77,5	89,7

V	93,5	72,4	85,9
----------	------	------	------

Tabla 43. Cuota de autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.

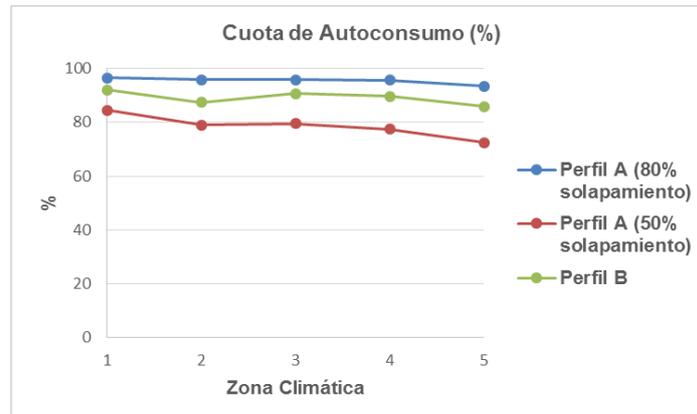


Figura 116. Grafica con las cuotas de autoconsumo. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 44 muestra las cuotas de autarquía que se han obtenido para cada una de las zonas climáticas y según su perfil de consumo. Se puede observar como al aumentar la zona climática la cuota de autarquía aumenta, es decir, que en aquellos lugares en los que hay una mayor radiación incidente esta cuota se ve aumentada, debido a que se produce una mayor energía fotovoltaica. Se puede decir, que esta cuota no está tan influenciada con el perfil de consumo que se tenga como la cuota de autoconsumo, sino, que la cuota de autarquía si está influenciada por la radiación solar existente en una determinada zona.

Tabla con la cuota de autarquía.

Zona Climática	Perfil A (80% solapamiento)	Perfil A (50% solapamiento)	Perfil B
I	50,1	43	46,5
II	63,7	51,5	56,9
III	57,9	47,3	53,6
IV	65,6	52,1	60
V	73,9	56,5	66,8

Tabla 44. Cuota de autarquía. Fuente: Elaboración propia.

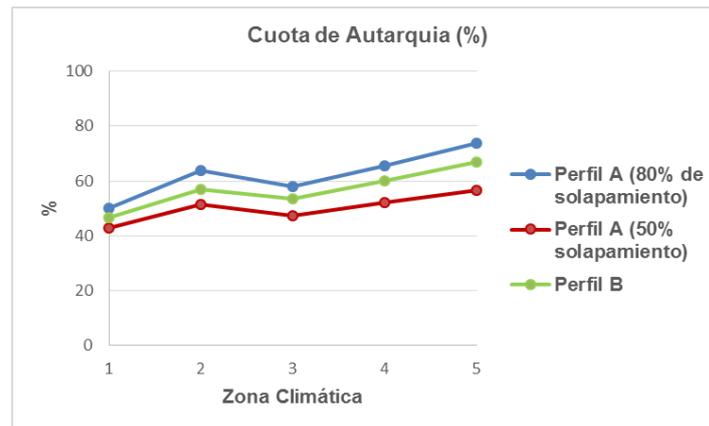


Figura 117. Cuota de autarquía. Fuente: Elaboración propia.

6. Discusiones obtenidas del estudio económico.

La Tabla 45, muestra el ahorro anual que se ha obtenido en cada uno de los perfiles de consumo definidos y en función de la zona climática en la que se instale la instalación. Se observa, como al aumentar la zona climática hay más ahorro en un mismo perfil de consumo, esto se debe, a que al haber más radiación solar, se produce una mayor energía fotovoltaica y se consume menor energía de la red eléctrica. Se observa, como la instalación que posee un mayor ahorro es aquella donde el mayor consumo se realiza en las horas de producción solar, es decir, la que posee el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento.

Tabla con el ahorro anual

Zona Climática	Perfil A (80% solapamiento)	Perfil A (50% solapamiento)	Perfil B
I	116,5	100,86	111,95
II	147,7	120,21	136,37
III	134,26	110,56	128,27
IV	151,73	121,39	144,27
V	169,92	132,5	160,52

Tabla 45. Ahorro anual. Fuente: Elaboración propia.

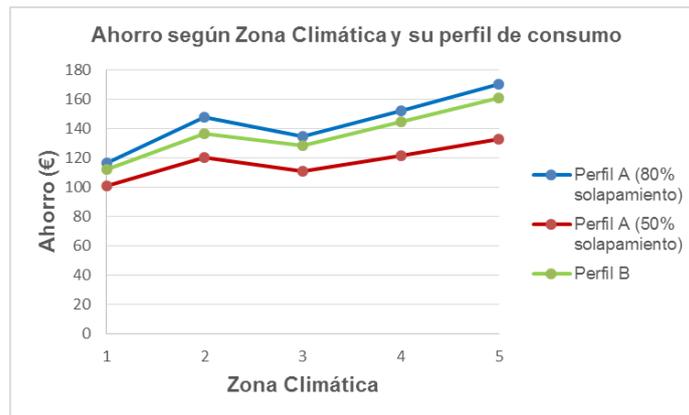


Figura 118. Ahorro anual según la Zona Climática y el perfil de consumo. Fuente: Elaboración propia.

Conociendo este ahorro anual que se genera en cada una de las zonas climáticas y según su perfil de consumo, se calcula el periodo de retorno sabiendo el coste del wattio pico.

$$\frac{1 \text{ €}}{Wp} \times \frac{1000 Wp}{1 kWp} \times 1,56 kWp = 1560 \text{ €}$$

En la Tabla 46, se muestra el periodo de retorno obtenido en cada una de las zonas climáticas según el perfil de consumo. Se observa en la tabla, que la instalación que posee un periodo de retorno más bajo es la que posee el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar y, en cambio, la que posee un mayor periodo de retorno es la que posee el perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar. Por tanto, se puede decir que el periodo de retorno está influenciado por el perfil de consumo, es decir, cuanto más consumo se da en las horas en las que mayor radiación solar hay, más energía se autoconsume y menos energía se consume de la red.

Tabla con el periodo de retorno.

Zona Climática	Perfil A (80% solapamiento)	Perfil A (50% solapamiento)	Perfil B
I	13	15	14
II	11	13	11

III	12	14	12
IV	10	13	11
V	9	12	10

Tabla 46. Periodo de retorno. Fuente: Elaboración propia.

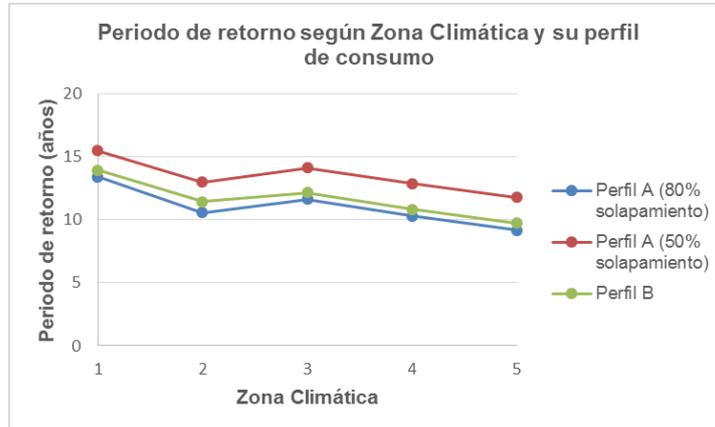


Figura 119. Periodo de retorno según la Zona Climática y su perfil de consumo. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES.

Conclusiones obtenidas de la radiación solar.

- La radiación recibida en cada una de las zonas climáticas en una superficie horizontal calculada con la herramienta informática PVGIS, corrobora lo propuesto por el Código Técnico de Edificación en el apartado *HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía solar*, publicado en su *Documento Básico HE Ahorro Energético* (Código Técnico de Edificación, 2013).

Conclusiones obtenidas sobre el dimensionamiento de las instalaciones tipo.

- La realización de estos tres perfiles de consumo creados con unas características distintas en función de la demanda y la radiación solar incidente en cada zona climática, corrobora lo propuesto por EnerAgen en el estudio que realizaron para el *Dimensionamiento de instalación fotovoltaica de autoconsumo con tarifas 3.0A y 3.1A con baterías* (EnerAgen, 2016).
- Los ratios de autarquía y de autoconsumo obtenidos en cada una de las zonas climáticas sirven para tener una idea de cómo sería el dimensionado de una instalación en función de su perfil de consumo y de la radiación incidente recibida en cada localización. Como se vio, la cuota de autarquía está muy relacionada con la radiación solar que se recibe y no depende tanto del perfil de consumo, en cambio, la cuota de autoconsumo es al revés, le influye el perfil de consumo diario que se tenga.
- De los tres perfiles de consumo creados, el que mejores resultados da es el perfil de consumo A que posee un 80% de solapamiento respecto a la producción solar. Esto quiere decir, que cuanto más consumo se genere en las horas de mayor radiación solar, se consume menos energía eléctrica de la red. Por tanto, sería interesante, dimensionar la instalación para cubrir lo máximo posible las necesidades de demanda y esto se puede realizar con la instalación de baterías para almacenar la energía solar.

- La instalación que posee el perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la radiación solar, se vio como en la instalación de autoconsumo la potencia que tiene la instalación a la acometida disminuía, por tanto, sería interesante ajustar el mayor consumo de la instalación en las horas en las hay radiación solar, ya que disminuye la potencia que se va a contratar y esto repercute en la factura de la tarifa eléctrica, ya que se paga un coste por el termino de potencia que se tiene contratada.
- Se puede concluir que una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo resulta más rentable cuando su perfil de consumo se ajusta más a las horas de mayor producción solar, ya que el consumo de energía de la red disminuye. Si a esta instalación se le añaden baterías, ayudaran a este ajuste almacenando los excedentes que se producen para consumirlo en aquellas horas en las que no hay radiación solar.

Conclusiones obtenidas del estudio económico.

- Al realizar el estudio económico con los datos provenientes de la legislación para la tarifa eléctrica 3.0A y los precios de la energía en el mercado libre para el año 2016, se vio que existe un ahorro anual si se coloca una instalación fotovoltaica para el autoconsumo. En aquellas zonas en las que exista una mayor radiación solar, habrá una mayor producción de energía para autoconsumir y, por tanto, disminuirá el consumo de energía de la red eléctrica. Hay que tener en cuenta que, tan importante es tener un perfil de consumo como la localización de la instalación solar fotovoltaica.
- Desde el punto de vista de viabilidad económica se ha visto que estas instalaciones son viables en cada una de las zonas climáticas y según su perfil de consumo definido. Según el periodo de retorno, la instalación que más bajo tiene este periodo de retorno es la instalación que posee un perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar, seguida del perfil de consumo B. Con este periodo de retorno se manifiesta lo dicho anteriormente, que en aquellas zonas en las que existe una mayor radiación solar, este periodo de retorno disminuye.

BIBLIOGRAFÍA.

10 claves para entender el Real Decreto de Autoconsumo. *Página web Solar directo*. Disponible en: <http://solartradex.com/blog/10clavesparaentenderelrealdecretodeautoconsumo/> (Accedido: 25 de mayo de 2017)

Autoconsumo fotovoltaico con el RD 900/2015 (parte 1 de la Jornada desarrollada en la UPV). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=-VIQ0HLDxV8> (Accedido: 5 de Agosto 2017)

Autoconsumo fotovoltaico con el RD 900/2015 (parte 1 de la Jornada desarrollada en la UPV). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=HrEOifnBFtA> (Accedido: 6 de Agosto 2017).

Autoconsumo y Balance Neto. *Página web Energía y Sociedad*. Disponible en: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-6-autoconsumo-y-balance-neto/> (Accedido: 6 de Agosto de 2017)

Borrador de RD de autoconsumo eléctrico sin Balance Código Técnico de Edificación (2013). Documento Básico HE Ahorro de Energía. *HE5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*.

Código Técnico de Edificación. Mapa de Radiación Solar "*Mapa de Radiación Solar Global media diaria anual sobre la superficie horizontal (H)*",

EnerAgen. *Página web de la Asociación de Agencias españolas de Gestión de la Energía*. Disponible en: <http://www.eneragen.org/es/> (Accedido: 20 de Junio de 2017)

España. (2000) "Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión" *Boletín Oficial del Estado* (235), pp. 33511- 33515

España. (2000) "Real Decreto 1955/200, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica" *Boletín Oficial del Estado, 27 de diciembre de 2000* (310), pp. 45988- 46040

España. (2001) "Real Decreto 1164/2001, de 20 de octubre, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica" *Boletín Oficial del Estado, 8 de noviembre de 2001* (268), pp. 40618-40629

España. (2007) "Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007" *Boletín Oficial del Estado, 29 de septiembre de 2007* (234), pp. 39690-39698

España. (2007) "Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007" *Boletín Oficial del Estado, 29 de septiembre de 2007* (234), pp. 39690- 39698

España. (2007) "Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial" *Boletín Oficial del Estado, 26 de mayo 2007* (126), pp. 22846-22886

España. (2008) "Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2008" *Boletín Oficial del Estado, 29 de diciembre de 2007* (312), pp. 53781- 53805

España. (2010) “Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial”, *Boletín Oficial del Estado*, 29 de diciembre de 2010 (316), pp. 108082-108107

España. (2011) “Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia” *Boletín Oficial del Estado*, 8 de diciembre de 2011 (295), pp. 130033- 130064

España. (2013) “Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico”, *Boletín Oficial del Estado*, 27 de diciembre de 2013 (310), pp. 105198-105294

España. (2014) “Orden IET/107/2014, de 31 de enero, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2014” *Boletín Oficial del Estado*, 1 de enero de 2014 (28), pp. 7147-7169

España. (2014) “Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, por la que se determinan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015” *Boletín Oficial del Estado*, 26 de diciembre de 2014 (312), pp. 105486- 105504

España. (2014) “Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos” *Boletín Oficial del Estado*, 10 de junio de 2014 (140), pp. 43876-43978

España. (2014) “Resolución de 23 de mayo de 2014, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el contenido mínimo y el modelo de factura de electricidad” *Boletín Oficial del Estado*, 30 de mayo de 2014 (131), pp. 41178- 41205

España. (2015) “Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos a partir de instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos” *Boletín Oficial del Estado*, 18 de diciembre (302) pp. 119084- 119135

España. (2015) “Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo”, *Boletín Oficial del Estado*, 10 de octubre de 2015 (243), pp. 94874- 94917

España. (2016) “Orden ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2017” *Boletín Oficial del Estado*, 29 de diciembre de 2016 (314), pp. 91089- 91103

La cobertura legal del autoconsumo en España. *Página web Energías Renovables. El periodismo de las energías limpias*. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/la-cobertura-legal-del-autoconsumo-en-espana-20160421> (Accedido: 29 de Julio de 2017).

La fotovoltaica y su paso por España. *Página web Fundación para la Eficiencia Energética*. Disponible en: <http://www.f2e.es/es/la-fotovoltaica-y-su-paso-por-espana> (Accedido: 29 de Julio de 2017)

La llegada del Autoconsumo Eléctrico a España. *Página web Historia-Economía- Filosofía*. Disponible en: <http://dfc-economiahistoria.blogspot.com.es/2013/01/la-llegada-del-autoconsumo-electrico.html> (Accedido: 29 de Julio de 2017)

Los peajes de acceso y cargos: estructura, coste y liquidación de los ingresos. *Página web Energía y Sociedad*. Disponible en: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/7-1-los-peajes->

[de-acceso-y-cargos-estructura-costes-y-liquidacion-de-los-ingresos/](#) (Accedido: 3 de Agosto de 2017)

Métodología empleada en el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas para autoconsumo. EREN.

Neto. *Página web Certificados Energéticos.* Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/borrador-rd-autoconsumo-balance-neto> (Accedido: 5 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Abril de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_abril_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Agosto de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_agosto_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Diciembre de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_diciembre_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Enero de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_enero_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Febrero de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_febrero_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Julio de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_julio_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Junio de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_junio_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Marzo de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_marzo_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Mayo de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_mayo_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Noviembre de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_noviembre_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Octubre de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_octubre_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. Evolución del mercado de energía eléctrica. Septiembre de 2016. http://www.omie.es/files/informe_mensual_septiembre_2016.pdf (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

OMIE. <http://www.omie.es/inicio> (Accedido: 2 de Agosto de 2017)

Programa informático en la web. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (Accedido: 1 de junio de 2017)

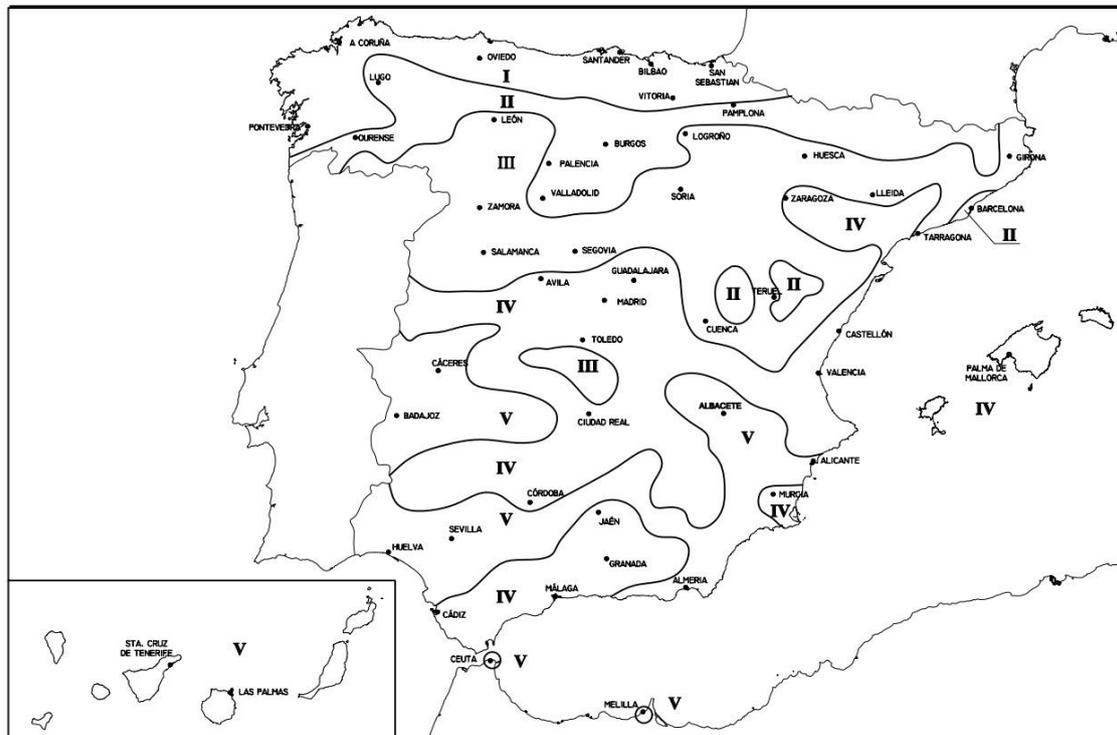
Programa informático en la web. *Sunny Design Web* <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/Home> (Accedido: 16 de Junio de 2017)

Tarifa 3.0A. *Página web Potencia eléctrica.* Disponible en: <http://potenciaelectronica.es/tarifa30atodalainformacion/> (Accedido: 26 de Junio de 2017)

Tarifas BT 3.0A *Página web Tarifa Eléctrica.* Disponible en: http://www.tarifa-electrica.es/bt_tres.php (Accedido: 20 de Junio de 2017)

ANEXOS.

ANEXO I. Mapa de las Zonas Climáticas de España en función de la radiación solar.



Mapa de radiación solar. Fuente: Código Técnico de Edificación.

ANEXO II. Resultados obtenidos del PVGIS para cada una de las localidades estudiadas en cada una de las Zonas Climáticas.

Location: 43°21'42" North, 5°50'57" West, Elevation: 243 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 38 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1690	2940	2950	64	7.8	258
Feb	2520	3820	3450	57	7.2	229
Mar	3910	4990	3790	45	9.9	185
Apr	4590	4980	3030	29	12.0	152
May	5020	4870	2470	15	13.3	61
Jun	5410	5020	2300	10	16.1	10
Jul	5450	5170	2440	13	18.1	1
Aug	5030	5250	2920	24	18.3	4
Sep	4370	5370	3770	40	17.3	38
Oct	3020	4330	3680	53	15.4	113
Nov	1820	2950	2830	61	11.3	229
Dec	1530	2890	3030	67	9.3	258
Year	3700	4380	3050	38	13.0	1538

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day)

Hopt: Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day)

H(90): Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m²/day)

lopt: Optimal inclination (deg.)

T24h: 24 hour average of temperature (°C)

NDD: Number of heating degree-days (-)

Location: 42°25'47" North, 8°38'40" West, Elevation: 24 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
-------	----	------	-------	------	------	-----

Jan	1670	2850	2890	64	9.6	229
Feb	2690	4140	3790	57	9.2	197
Mar	4230	5400	4100	45	11.6	126
Apr	5270	5780	3400	29	13.7	124
May	6120	5970	2780	15	15.4	41
Jun	6890	6360	2560	9	17.8	4
Jul	6920	6560	2740	13	19.8	0
Aug	6350	6700	3480	24	19.6	1
Sep	5000	6230	4320	40	18.7	22
Oct	3210	4620	3960	53	16.4	84
Nov	1950	3260	3220	62	12.4	204
Dec	1510	2770	2940	67	10.5	228
Year	4320	5060	3340	36	14.6	1260

Location: 43°19'6" North, 1°58'52" West, Elevation: 15 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1450	2400	2400	63	7.8	258
Feb	2260	3340	3020	56	7.0	233
Mar	3800	4810	3660	44	10.3	180
Apr	4410	4800	2890	29	13.0	124
May	5040	4940	2450	15	14.7	35
Jun	5600	5240	2350	10	17.6	2
Jul	5620	5380	2470	13	19.7	0
Aug	4940	5170	2850	24	20.0	0
Sep	4190	5080	3560	40	18.6	27
Oct	2790	3910	3330	52	16.2	94
Nov	1610	2540	2450	61	12.1	231
Dec	1330	2350	2460	66	9.3	260
Year	3590	4170	2820	36	13.9	1444

Location: 43°27'43" North, 3°48'21" West, Elevation: 8 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1410	2320	2320	63	9.1	0
Feb	2180	3180	2860	56	8.7	0
Mar	3610	4560	3460	44	11.0	0
Apr	4380	4770	2880	29	13.0	0
May	4960	4860	2430	15	14.4	0
Jun	5400	5070	2270	10	17.1	0
Jul	5430	5200	2400	14	19.2	0
Aug	4770	5000	2770	24	19.6	0
Sep	4100	5000	3520	40	18.5	0
Oct	2730	3820	3250	52	16.7	0
Nov	1550	2440	2350	61	13.1	0
Dec	1310	2340	2450	66	11.0	0
Year	3490	4050	2750	36	14.3	0

Location: 42°51'32" North, 2°40'54" West, Elevation: 514 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1500	2430	2450	63	5.0	298
Feb	2230	3190	2860	55	4.2	262
Mar	3730	4670	3540	44	7.7	198
Apr	4510	4880	2930	28	10.6	148
May	5460	5390	2600	15	12.6	46
Jun	6260	5900	2500	9	16.1	8
Jul	6630	6400	2740	13	18.6	2
Aug	5650	6000	3210	25	19.2	3
Sep	4430	5390	3770	40	17.0	38
Oct	2950	4120	3550	52	13.7	128
Nov	1660	2540	2450	60	8.9	274
Dec	1370	2330	2450	65	5.5	315

Year	3870	4440	2920	34	11.6	1720
------	------	------	------	----	------	------

Location: 41°23'6" North, 2°10'24" East, Elevation: 28 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 37 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2120	3880	3980	65	9.8	0
Feb	3070	4850	4410	58	9.6	0
Mar	4630	6010	4510	45	11.8	0
Apr	5440	5960	3440	29	14.1	0
May	6660	6460	2890	16	16.7	0
Jun	7380	6740	2570	8	20.7	0
Jul	7330	6880	2760	11	23.8	0
Aug	6300	6580	3380	23	24.2	0
Sep	4830	5910	4030	39	22.1	0
Oct	3530	5110	4330	53	19.0	0
Nov	2300	3970	3920	63	14.5	0
Dec	1870	3670	3900	68	11.3	0
Year	4630	5510	3670	37	16.5	0

Location: 43°0'35" North, 7°33'24" West, Elevation: 463 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1480	2340	2320	62	6.4	259
Feb	2400	3490	3140	56	5.8	223
Mar	3910	4930	3740	44	8.6	161
Apr	4640	5050	3040	29	10.9	145
May	5620	5560	2710	16	12.7	52
Jun	6390	6040	2570	10	15.8	8
Jul	6510	6290	2750	13	18.3	0
Aug	5930	6320	3400	25	18.3	3

Sep	4610	5700	4000	40	17.0	33
Oct	2950	4100	3500	52	13.8	112
Nov	1680	2530	2410	59	9.3	233
Dec	1360	2290	2370	65	7.2	263
Year	3960	4560	2990	35	12.0	1492

Location: 42°48'45" North, 1°38'44" West, Elevation: 455 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1550	2530	2530	63	5.1	310
Feb	2450	3610	3270	56	4.6	267
Mar	4020	5090	3870	44	8.3	199
Apr	4700	5110	3060	28	11.4	143
May	5700	5610	2710	15	13.8	43
Jun	6660	6240	2630	9	17.7	8
Jul	7040	6760	2860	13	20.6	1
Aug	6050	6410	3410	25	20.9	4
Sep	4670	5720	4000	40	18.0	41
Oct	3090	4360	3740	53	14.3	132
Nov	1830	2930	2870	61	9.3	286
Dec	1430	2490	2610	66	5.7	329
Year	4110	4740	3130	35	12.5	1763

Location: 40°20'58" North, 1°51'2" West, Elevation: 1282 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.8 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1950	3180	3150	62	2.0	362
Feb	2850	4170	3710	55	1.2	300
Mar	4280	5320	3900	42	4.8	220
Apr	4970	5350	3070	27	8.6	152

May	6000	5840	2660	13	12.0	38
Jun	7190	6690	2530	8	16.6	17
Jul	7680	7290	2790	11	20.7	10
Aug	6520	6850	3440	23	20.6	15
Sep	4800	5760	3870	38	15.9	51
Oct	3480	4800	3990	50	11.4	152
Nov	2170	3370	3220	59	5.8	328
Dec	1740	2970	3060	64	3.2	373
Year	4480	5140	3280	34	10.2	2018

Location: 41°39'8" North, 4°43'28" West, Elevation: 703 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1730	2750	2740	62	4.0	362
Feb	2870	4290	3920	56	4.3	302
Mar	4340	5500	4140	44	7.7	219
Apr	5200	5660	3310	28	11.1	173
May	6420	6310	2890	17	14.5	45
Jun	7390	6920	2660	8	19.0	5
Jul	7770	7440	2880	12	22.6	0
Aug	6800	7230	3660	24	22.4	2
Sep	5190	6410	4400	40	18.7	57
Oct	3460	4920	4220	53	13.5	175
Nov	2120	3380	3320	61	8.0	343
Dec	1630	2820	2970	65	4.4	386
Year	4590	5310	3420	34	12.5	2069

Location: 40°4'13" North, 2°8'14" West, Elevation: 931 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
-------	----	------	-------	------	------	-----

Jan	2080	3540	3570	63	3.6	348
Feb	3030	4540	4070	56	3.7	281
Mar	4430	5540	4070	43	7.1	199
Apr	5240	5640	3210	27	10.9	135
May	6210	6010	2710	13	14.8	20
Jun	7360	6760	2530	7	19.7	7
Jul	7780	7320	2770	10	24.0	4
Aug	6690	6980	3470	23	23.7	6
Sep	5040	6060	4060	38	18.8	32
Oct	3640	5120	4290	51	13.6	135
Nov	2330	3770	3650	61	7.8	320
Dec	1850	3300	3440	65	4.7	362
Year	4650	5390	3480	35	12.7	1849

Location: 41°58'45" North, 2°49'17" East, Elevation: 83 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 38 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2080	3860	3950	66	7.4	266
Feb	3020	4790	4350	58	7.3	227
Mar	4420	5740	4320	45	10.5	158
Apr	5150	5630	3300	29	13.8	91
May	6180	5980	2790	15	16.7	9
Jun	7040	6420	2600	8	21.1	2
Jul	6940	6490	2720	12	24.0	0
Aug	6060	6320	3310	24	23.8	1
Sep	4750	5820	4010	39	20.7	12
Oct	3440	5010	4250	53	17.1	69
Nov	2270	4010	3950	63	12.3	225
Dec	1820	3610	3820	68	8.6	274
Year	4440	5310	3610	38	15.3	1334

Location: 42°27'45" North, 2°26'41" West, Elevation: 393 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.2 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1680	2760	2760	63	6.1	307
Feb	2530	3700	3330	56	5.6	259
Mar	4100	5200	3930	44	9.1	185
Apr	4860	5290	3140	28	12.1	134
May	5760	5660	2690	15	14.5	32
Jun	6660	6240	2590	9	18.4	4
Jul	7020	6740	2810	13	21.2	0
Aug	6040	6410	3390	24	21.7	1
Sep	4650	5690	3960	40	18.9	30
Oct	3090	4350	3700	52	15.1	128
Nov	1870	2970	2880	61	10.0	284
Dec	1490	2570	2660	65	6.4	333
Year	4160	4800	3150	35	13.3	1697

Location: 39°34'52" North, 3°52'9" West, Elevation: 806 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2240	3840	3880	63	4.8	340
Feb	3280	4960	4450	56	5.2	266
Mar	4720	5930	4340	43	8.3	175
Apr	5580	6020	3380	27	12.2	124
May	6570	6350	2770	13	16.4	15
Jun	7570	6930	2490	7	21.2	2
Jul	7960	7470	2720	10	25.4	1
Aug	6920	7210	3490	22	25.0	2
Sep	5200	6260	4150	38	20.0	25
Oct	3750	5260	4380	51	14.8	126
Nov	2530	4170	4070	61	8.9	315
Dec	2010	3630	3790	65	5.7	350

Year	4870	5670	3650	35	14.0	1741
------	------	------	------	----	------	------

Location: 41°30'12" North, 5°44'48" West, Elevation: 655 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	1770	2880	2880	62	4.3	361
Feb	2980	4530	4140	57	4.7	301
Mar	4520	5750	4320	44	8.2	218
Apr	5360	5840	3400	28	11.4	180
May	6580	6430	2930	16	14.9	50
Jun	7520	6980	2660	8	19.3	5
Jul	7880	7480	2880	12	22.9	0
Aug	6860	7260	3660	24	22.5	2
Sep	5240	6470	4430	40	18.8	62
Oct	3500	4980	4250	52	13.8	178
Nov	2190	3580	3530	62	8.1	341
Dec	1650	2890	3020	65	4.7	383
Year	4680	5430	3500	35	12.8	2081

Location: 36°31'37" North, 6°17'18" West, Elevation: 18 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 33 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2640	4350	4330	61	12.6	149
Feb	3720	5430	4770	54	12.1	96
Mar	5190	6370	4490	40	14.1	31
Apr	6230	6620	3380	26	16.4	18
May	7320	6930	2560	11	19.3	1
Jun	8010	7150	2120	2	21.9	0
Jul	8020	7330	2290	5	24.2	0
Aug	7140	7240	3130	18	24.9	0

Sep	5540	6490	4060	35	22.7	1
Oct	4280	5860	4760	49	20.1	10
Nov	2950	4720	4560	59	15.8	108
Dec	2370	4080	4210	63	13.5	119
Year	5290	6050	3710	33	18.1	533

Location: 38°59'5" North, 3°55'38" West, Elevation: 638 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2140	3490	3470	62	5.3	319
Feb	3310	4930	4410	55	6.1	238
Mar	4750	5920	4310	42	9.5	144
Apr	5650	6080	3360	26	13.4	98
May	6690	6450	2730	14	17.8	7
Jun	7710	7040	2430	5	22.7	0
Jul	8020	7500	2630	9	27.0	0
Aug	7060	7330	3450	21	26.5	0
Sep	5300	6350	4170	37	21.4	15
Oct	3920	5480	4570	51	16.0	100
Nov	2560	4160	4060	61	9.8	294
Dec	1990	3430	3550	64	6.3	326
Year	4930	5680	3590	34	15.1	1541

Location: 37°59'32" North, 1°7'50" West, Elevation: 54 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2580	4420	4490	63	10.9	175
Feb	3440	5110	4530	55	11.0	130
Mar	4980	6190	4440	42	13.3	62
Apr	5810	6210	3340	25	16.4	17

May	6920	6610	2670	13	19.5	1
Jun	7800	7050	2320	4	23.2	0
Jul	7840	7260	2530	8	26.2	0
Aug	6800	6980	3270	20	26.5	0
Sep	5180	6110	3950	36	23.5	2
Oct	3980	5490	4510	50	19.8	16
Nov	2760	4510	4390	60	14.9	132
Dec	2230	3970	4150	65	11.5	178
Year	5040	5830	3710	34	18.1	713

Location: 39°34'10" North, 2°39'0" East, Elevation: 34 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2280	3920	3950	63	11.1	215
Feb	3110	4640	4140	55	10.5	189
Mar	4850	6130	4490	43	12.5	130
Apr	5770	6270	3480	29	15.3	49
May	6960	6740	2830	15	18.2	1
Jun	7680	7030	2450	7	22.2	0
Jul	7670	7220	2680	10	25.3	0
Aug	6670	6950	3380	22	25.6	0
Sep	5120	6160	4080	38	23.1	2
Oct	3760	5280	4400	51	20.1	26
Nov	2430	3970	3870	61	15.9	144
Dec	2010	3650	3830	66	12.7	189
Year	4870	5670	3630	35	17.7	945

Location: 41°38'55" North, 0°53'20" West, Elevation: 226 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 37 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
-------	----	------	-------	------	------	-----

Jan	1920	3370	3400	64	7.1	291
Feb	3070	4830	4400	58	7.2	223
Mar	4690	6080	4570	45	11.0	139
Apr	5520	6050	3520	29	14.8	84
May	6580	6380	2910	17	18.1	9
Jun	7370	6750	2620	8	22.5	1
Jul	7690	7230	2880	12	25.5	0
Aug	6630	6970	3590	24	25.6	0
Sep	5130	6340	4340	40	21.7	14
Oct	3560	5160	4380	53	17.3	99
Nov	2260	3870	3810	63	11.5	264
Dec	1700	3150	3300	67	7.7	327
Year	4680	5520	3640	37	15.8	1451

Location: 38°20'45" North, 0°29'26" West, Elevation: 36 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 35 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2490	4290	4310	63	12.9	165
Feb	3400	5080	4500	55	12.1	130
Mar	4950	6180	4460	42	13.4	63
Apr	5800	6220	3380	26	15.5	14
May	6910	6600	2700	13	18.1	0
Jun	7700	6950	2340	5	21.6	0
Jul	7650	7090	2550	8	24.7	0
Aug	6750	6930	3290	21	25.6	0
Sep	5210	6200	4020	36	23.9	1
Oct	3980	5560	4590	51	20.9	10
Nov	2680	4390	4250	61	16.8	118
Dec	2170	3870	4010	65	14.0	163
Year	4980	5790	3690	35	18.3	664

Location: 39°28'30" North, 6°22'20" West, Elevation: 455 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 34 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2160	3630	3660	63	7.0	273
Feb	3290	4960	4480	56	7.3	206
Mar	4780	6000	4400	43	10.7	123
Apr	5720	6190	3440	27	14.0	92
May	6860	6630	2790	14	18.0	13
Jun	7850	7180	2470	6	22.3	1
Jul	8170	7640	2670	10	26.1	0
Aug	7070	7360	3470	22	25.7	1
Sep	5410	6540	4320	38	21.6	14
Oct	3800	5350	4490	51	16.7	76
Nov	2500	4090	4020	61	10.8	240
Dec	1940	3400	3550	65	7.7	273
Year	4970	5750	3640	34	15.7	1312

Location: 28°7'24" North, 15°26'10" West, Elevation: 98 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 27 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt
Jan	3450	4730	4310	53
Feb	4150	5150	4020	44
Mar	5560	6200	3840	31
Apr	5850	5880	2630	15
May	6480	6040	1950	1
Jun	6250	5640	1680	-6
Jul	5950	5470	1850	-3
Aug	5950	5800	2350	9
Sep	5590	6020	3290	25
Oct	4800	5780	4170	40
Nov	3530	4680	4050	51
Dec	3090	4330	4060	55
Year	5060	5480	3180	27

Location: 35°17'32" North, 2°56'17" West, Elevation: 6 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 33 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2840	4640	4580	61	13.8	0
Feb	3690	5270	4520	52	13.6	0
Mar	5070	6110	4220	39	14.6	0
Apr	5940	6230	3130	23	16.1	0
May	6950	6520	2370	8	18.3	0
Jun	7710	6830	1970	1	21.1	0
Jul	7480	6820	2170	5	23.7	0
Aug	6770	6800	2930	17	24.9	0
Sep	5320	6120	3760	33	23.1	0
Oct	4280	5760	4590	48	20.7	0
Nov	3050	4800	4560	59	17.2	0
Dec	2640	4540	4670	63	14.8	0
Year	5150	5870	3620	33	18.5	0

Location: 37°23'20" North, 5°59'4" West, Elevation: 21 m a.s.l.,

Optimal inclination angle is: 33 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2550	4250	4290	62	10.1	179
Feb	3540	5210	4620	55	10.5	102
Mar	4990	6140	4380	41	13.6	32
Apr	5910	6300	3330	25	17.0	18
May	7080	6760	2640	12	21.0	0
Jun	7980	7190	2220	2	25.0	0
Jul	8150	7510	2410	7	27.9	0
Aug	7240	7400	3270	19	28.2	0
Sep	5490	6480	4120	36	24.0	0

Oct	4140	5730	4720	50	19.7	13
Nov	2880	4680	4590	60	14.2	138
Dec	2290	4030	4240	65	11.2	159
Year	5200	5980	3730	33	18.5	641

ANEXO III. Radiación solar horaria diaria recibida en un plano fijo (Wh/m²día) a lo largo de un año.

Zona Climática I.

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	8,8	6,6	0	0	0	0	0
5	0	0	0	12,45	53,9	66,6	56,95	0	0	0	0	0
6	0	0	61	115,8	146,65	160,6	154,05	77,55	11,85	11,85	0	0
7	27,15	112,65	223,75	257,45	278,65	296,05	300,95	240,1	155,2	155,2	45,95	16,15
8	180,15	264,4	382,85	396	405,15	426,3	444,45	416,3	320,05	320,05	194,25	172,75
9	294,6	389,3	513,65	509,8	508,8	533,65	563,75	568,45	451,45	451,45	308,7	291,9
10	374,25	477,55	604,65	588,9	581	608,95	648,05	677,35	547,95	547,95	389,2	372,75
11	414,75	522,95	650,75	629,1	617,85	647,35	691,3	733,7	597,55	597,55	430,45	413,7
12	414,75	522,95	650,75	629,1	617,85	647,35	691,3	733,7	597,55	597,55	430,45	413,7
13	374,25	477,55	604,65	588,9	581	608,95	648,05	677,35	547,95	547,95	389,2	372,75
14	294,6	389,3	513,65	509,8	508,8	533,65	563,75	568,45	451,45	451,45	308,7	291,9
15	180,15	264,4	382,85	396	405,15	426,3	444,45	416,3	320,05	320,05	194,25	172,75
16	37,5	115,1	223,75	257,45	278,65	296,05	300,95	240,1	155,2	155,2	54,6	21,55
17	0	5,25	64,9	115,8	146,65	160,6	154,05	78	18,75	18,75	0	0
18	0	0	0	19,05	53,9	66,6	56,95	3,1	0	0	0	0
19	0	0	0	0	4,65	14,25	9,9	0	0	0	0	0

20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zona Climática II.

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	7,5	2,45	0	0	0	0	0
5	0	0	0	10,5	49,25	59,55	47,7	19,1	0	0	0	0
6	0	0	63,45	117,2	152,7	166	159,6	132,25	80,75	11,9	0	0
7	40,75	133,5	242,5	271,45	308,75	336,15	348,4	322,5	260,65	176,7	55,7	18,8
8	212,5	309,8	419,45	423,85	460,8	503,8	538,5	520,2	457,25	357,85	236,4	203,15
9	339,95	455,2	565,85	549,3	586,45	645,05	699,9	689,6	626,85	512,4	371,85	334,85
10	428,55	557,8	667,8	637	674,7	745,05	815,3	811,15	748,6	621,9	467,25	425,35
11	473,95	610,4	719,85	681,7	719,75	796,7	875,25	874,25	811,65	678,2	516,1	471,25
12	473,95	610,4	719,85	681,7	719,75	796,7	875,25	874,25	811,65	678,2	516,1	471,25
13	428,55	557,8	667,8	637	674,7	745,05	815,3	811,15	748,6	621,9	467,25	425,35
14	339,95	455,15	565,85	549,3	586,45	645,05	699,9	689,6	626,85	512,4	371,85	321,45
15	173,2	299,65	419,45	423,85	460,8	503,8	538,5	520,2	457,25	357,25	208,7	165,4
16	39,65	115,6	230,15	271,45	308,75	336,15	348,4	322,5	260,65	150,15	59,95	29,5
17	0	4,9	62,8	115,2	152,7	166	159,6	132,25	73,15	19,3	0	0
18	0	0	0	17,35	50,7	59,5	47,7	24,2	3	0	0	0

19	0	0	0	0	3,3	11,7	6,35	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zona Climática III.

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	6,05	1,15	0	0	0	0	0
5	0	0	0	10,5	47,65	57,4	44,7	18,8	0	0	0	0
6	0	0	67,65	120,4	152,85	164,4	156	131,15	82,9	13,65	0	0
7	50,85	151,7	255,55	283,7	314,9	341,3	353,25	327,75	268,5	187,85	72,05	28,7
8	244,9	342,85	439,7	444,7	472	516,45	552,55	532,7	470	378,9	269,4	226,65
9	385,7	498,8	591,25	577,4	601,45	663,2	722,3	708,35	643,5	541,75	420,55	371,4
10	482,9	608,65	696,5	670	691,95	767,6	843,9	834,3	767,65	657,1	527,2	471,1
11	533,05	664,95	750,1	717,05	738,05	821,3	907	899,4	832,05	716,45	581,7	521,896
12	533,05	664,95	750,1	717,05	738,05	821,3	907	899,4	832,05	716,45	581,7	521,9
13	482,9	608,85	696,5	670	691,95	767,6	843,9	834,3	767,65	657,3	527,2	471,1
14	385,7	498,8	591,25	577,4	601,45	663,2	722,3	708,35	643,7	541,75	420,55	371,4
15	239,8	342,85	439,7	444,7	472,2	516,45	552,65	532,7	470	378,9	269,4	216,25
16	57,6	150,6	255,55	283,7	314,9	341,3	353,25	327,55	268,5	185,15	76,8	33,6
17	0	4,95	70,8	120,4	152,85	164,4	156	131,15	80,8	20,95	0	0

18	0	0	0	17,25	50,4	57,4	44,7	25,7	3,1	0	0	0
19	0	0	0	0	2,6	10,55	5,3	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zona Climática IV.

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1,45	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	9,9	41	49,6	39,55	17,5	0	0	0	0
6	0	0	77,65	122,75	152,3	157,2	150,1	129,1	86,55	20,7	0	0
7	75,4	180,7	282	305,3	334,75	348,65	354,75	333,1	278,05	216,2	107,9	52,75
8	288,9	380,65	481,7	488,55	514,85	541	563,9	547,65	485,1	419,45	317	265,05
9	440,05	546,15	645,5	640,75	664,65	704,1	743,2	732,3	662,55	590,25	474,3	415,4
10	544,45	662,25	759,05	747,4	770,25	820,55	871,9	864,9	789,15	710,55	584,2	519,15
11	597,75	721,75	816,75	802,1	824,45	881,05	938,9	933,9	854,65	772,05	640,2	571,9
12	598,35	721,75	816,75	802,1	824,45	881,25	938,9	933,9	854,65	772,05	640,2	571,9
13	544,45	662,25	759,05	747,4	770,25	820,55	871,9	864,9	789,15	710,55	584,2	519,15
14	440,05	546,15	645,5	640,75	664,65	704,1	743,2	732,3	662,55	590,25	474,3	415,4
15	288,9	380,65	481,7	488,55	514,85	541	563,9	547,65	485,1	419,45	317	265,05
16	91,5	180,7	282	305,3	334,75	348,65	354,75	333,1	278,05	216,2	118,35	67,15

17	0	12,45	82,45	122,85	152,3	157,2	150,1	129,1	86,6	29,25	0	0
18	0	0	0	16,05	45,8	49,6	40,7	21,75	3,1	0	0	0
19	0	0	0	0	0,8	6,25	10,5	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zona Climática V.

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	8,158	37,75	49,35	38,25	16,7	0	0	0	0
6	0	8,85	85,6	127	153,45	158,3	152,85	133,2	90,55	28,1	0	0
7	113,45	201,2	294,25	309,25	334,9	344,45	346,35	332,4	286,15	235,15	134,15	87,4
8	328,05	397,85	487,3	486,35	510	526,2	537,7	534,5	488,05	438,2	345,15	304,35
9	479,85	557,65	641,3	630,5	653,3	676,85	697,7	703,9	657,5	605,7	501,05	453,85
10	584,3	668,75	746,1	729,9	753	782,9	810,85	823,65	776,75	722,6	608,3	556,05
11	637,2	725,15	799	780,3	803,75	837,3	869,05	885,3	837,75	781,9	663,2	607,95
12	637,2	725,15	799	780,3	803,75	837,3	869,05	885,3	837,75	781,9	663,2	607,95
13	584,3	668,75	746,1	729,9	753	782,9	810,85	823,65	776,75	722,6	608,3	556,05
14	479,85	557,65	641,3	630,5	653,3	676,85	697,7	703,9	657,5	611,1	501	453,85
15	328,05	397,85	487,3	486,35	510	526,2	537,7	542,5	488,05	438,2	345,15	304,35

16	124,6	201,2	294,25	309,25	334,9	344,45	346,35	332,4	286,15	235,15	148,45	94,35
17	1,45	18,85	91	127	153,45	158,25	152,85	133,2	92,3	38,3	1,65	0,9
18	0	0	0	15,45	43,85	50,4	41,45	33,55	2,7	0	0	0
19	0	0	0	0	0	4,05	1,95	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO IV. Precio de la energía para el año 2016 según los informes mensuales de “Evolución del mercado de energía eléctrica” de OMIE en €/MWh.

		HORAS																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
MESES	ENE	44,82	41,16	37,22	34,05	33,05	31,80	33,36	37,01	42,87	48,30	49,90	51,81	51,29	49,64	48,46	46,59	45,40	45,97	50,07	56,87	60,14	57,27	54,09	49,48
	FEB	36,15	33,95	29,79	28,08	25,50	24,81	26,65	30,93	36,16	40,04	41,47	42,92	40,47	38,75	37,69	36,49	35,15	35,53	37,61	44,10	49,90	50,44	45,67	39,79
	MAR	35,87	36,34	32,85	30,38	29,45	29,06	30,19	33,96	36,99	40,82	41,28	40,30	38,20	37,34	36,17	35,26	33,83	32,99	35,95	38,48	45,63	48,44	46,49	40,75
	ABR	33,85	30,83	27,93	26,43	25,14	24,85	25,86	30,16	33,55	37,54	39,00	37,15	36,05	35,38	33,72	32,42	30,52	29,00	29,37	31,37	33,91	38,74	43,33	38,95
	MAY	36,05	34,54	32,12	30,25	29,54	29,17	30,06	32,73	34,85	37,96	37,41	36,85	37,14	36,73	36,11	35,39	33,40	32,36	33,05	34,26	35,35	38,10	41,09	40,11
	JUN	46,99	45,48	44,32	42,74	42,18	41,96	42,58	44,93	46,12	49,33	48,08	47,88	48,83	49,20	49,18	48,44	46,07	45,08	45,36	45,77	45,44	46,70	49,20	50,14
	JUL	48,63	46,83	43,56	41,59	40,93	40,42	40,47	41,57	44,32	48,35	49,23	49,42	51,31	51,77	52,68	51,97	50,73	49,94	49,67	49,45	48,23	49,17	50,75	51,09

AGO	48, 52	47, 52	45, 13	43, 13	42, 35	41, 75	41, 89	44, 14	44, 86	48, 21	49, 72	49, 18	49, 73	50, 29	51, 06	50, 89	48, 95	48, 27	48, 12	47, 99	48, 72	49, 82	52, 49	51, 50
SEP	50, 03	47, 41	45, 96	44, 51	43, 87	43, 68	44, 09	47, 25	49, 02	52, 82	54, 24	53, 61	53, 60	53, 44	53, 63	52, 73	50, 79	50, 22	50, 79	51, 73	53, 91	55, 68	56, 65	54, 16
OCT	59, 61	57, 58	53, 88	51, 43	49, 68	49, 12	51, 05	56, 59	60, 20	62, 71	63, 76	64, 12	63, 56	63, 31	63, 13	61, 78	59, 32	60, 30	60, 98	63, 00	67, 88	70, 53	68, 16	63, 25
NOV	60, 88	58, 56	54, 99	51, 90	50, 35	49, 30	51, 11	56, 60	62, 15	66, 00	66, 29	66, 35	65, 47	64, 67	64, 57	63, 63	62, 33	63, 03	67, 56	73, 30	74, 61	73, 45	70, 14	65, 27
DIC	67, 76	65, 67	60, 16	57, 21	54, 97	54, 14	56, 19	60, 45	67, 01	70, 79	71, 06	72, 63	71, 11	70, 08	69, 44	68, 85	67, 83	68, 27	72, 00	78, 27	78, 94	77, 52	74, 44	71, 01
TOTAL INVIERNO	49, 10	47, 14	43, 00	40, 32	38, 66	37, 82	39, 50	43, 79	49, 04	53, 19	54, 00	54, 80	53, 31	52, 09	51, 27	50, 16	48, 91	49, 16	52, 64	58, 20	61, 84	61, 43	58, 17	53, 26
TOTAL VERANO	46, 24	44, 31	41, 84	40, 01	39, 10	38, 71	39, 43	42, 48	44, 70	48, 13	48, 78	48, 32	48, 60	48, 59	48, 50	47, 66	45, 68	45, 02	45, 33	46, 22	47, 63	49, 82	51, 67	49, 88

	Punta	Llano	Valle	
TOTAL INVIERNO	58,53	52,28	42,42	€/MWh
TOTAL VERANO	48,50	47,55	41,52	€/MWh

ANEXO IV. Consumo de los kWh de la red en la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo para cada una de las Zonas Climáticas según su perfil de consumo.

Zona Climática I.

- Perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	47	35	30	25
1	47	35	30	25
2	47	35	30	25
3	47	35	30	25
4	55	47	38	37
5	80	78	55	55
6	85	83	61	60
7	98	83	65	65
8	115	55	82	79
9	115	35	82	56
10	125	30	90	41
11	125	25	90	35
12	125	20	90	25
13	115	15	85	15
14	115	15	85	15
15	115	20	85	18
16	98	20	65	19
17	98	25	65	32
18	80	25	55	30
19	80	30	55	36
20	60	30	45	35
21	60	30	45	36
22	60	35	45	37
23	60	40	45	39
Total kWh	2052	881	1448	865

- Perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	137	137	91	91
1	137	137	91	91
2	137	137	91	91

3	137	137	91	91
4	60	60	45	45
5	60	60	45	45
6	60	58	45	45
7	60	50	45	45
8	60	15	45	42
9	60	10	45	22
10	60	5	45	15
11	60	4	45	10
12	60	2	45	5
13	60	2	45	4
14	60	2	45	2
15	60	2	45	4
16	60	4	45	5
17	60	5	45	9
18	60	5	45	12
19	60	10	45	16
20	136	35	91	42
21	136	49	91	54
22	136	52	91	62
23	136	88	91	82
Total kWh	2052	1066	1448	930

- Perfil de consumo B.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	25	12	20	20
1	25	12	20	20
2	25	12	20	20
3	25	12	20	20
4	25	12	20	20
5	25	12	20	20
6	25	12	20	20
7	25	5	20	20
8	25	3	20	20
9	25	0	20	5
10	25	0	20	2
11	346	85	20	0
12	430	190	20	0
13	430	250	20	0
14	346	185	20	0
15	25	0	20	0
16	25	0	20	0

17	25	3	20	0
18	25	3	224	50
19	25	5	300	215
20	25	8	300	300
21	25	10	224	224
22	25	12	20	20
23	25	12	20	20
Total kWh	2052	855	1448	1016

Zona Climática II.

- Perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	47	25	30	25
1	47	25	30	25
2	47	25	30	28
3	47	35	30	30
4	55	52	38	38
5	80	80	55	55
6	85	80	61	61
7	98	60	65	64
8	115	30	82	62
9	115	15	82	30
10	125	10	90	18
11	125	7	90	15
12	125	7	90	10
13	115	2	85	5
14	115	2	85	5
15	115	6	85	10
16	98	7	65	15
17	98	10	65	22
18	80	10	55	20
19	80	15	55	24
20	60	15	45	23
21	60	25	45	25
22	60	25	45	30
23	60	25	45	38
Total kWh	2052	593	1448	678

- Perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	137	137	91	91
1	137	137	91	91
2	137	137	91	91
3	137	137	91	91
4	60	60	45	45
5	60	60	45	45
6	60	55	45	45
7	60	15	45	41
8	60	5	45	15
9	60	2	45	10
10	60	2	45	5
11	60	2	45	4
12	60	2	45	4
13	60	0	45	2
14	60	0	45	2
15	60	0	45	4
16	60	2	45	4
17	60	2	45	7
18	60	5	45	10
19	60	5	45	10
20	136	10	91	21
21	136	15	91	30
22	136	20	91	45
23	136	90	91	84
Total kWh	2052	900	1448	797

- Perfil de consumo B.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	25	5	20	20
1	25	5	20	20
2	25	5	20	20
3	25	8	20	20
4	25	10	20	20
5	25	10	20	20
6	25	10	20	20
7	25	2	20	20
8	25	0	20	7
9	25	0	20	2
10	25	0	20	0
11	346	25	20	0

12	430	95	20	0
13	430	170	20	0
14	346	166	20	0
15	25	0	20	0
16	25	0	20	0
17	25	0	20	0
18	25	2	224	20
19	25	5	300	220
20	25	5	300	300
21	25	5	224	224
22	25	4	20	20
23	25	5	20	20
Total kWh	2052	537	1756	973

Zona Climática III.

- Perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	47	25	30	24
1	47	25	30	25
2	47	25	30	25
3	47	25	30	28
4	55	48	38	37
5	80	80	55	55
6	85	84	61	61
7	98	75	65	65
8	115	48	82	64
9	115	20	82	45
10	125	15	90	35
11	125	10	90	30
12	125	7	90	22
13	115	6	85	18
14	115	7	85	18
15	115	10	85	24
16	98	7	65	22
17	98	15	65	22
18	80	15	55	30
19	80	20	55	25
20	60	20	45	30
21	60	25	45	30
22	60	25	45	35
23	60	30	45	35
Total kWh	2052	667	1448	805

- Perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	137	137	91	91
1	137	137	91	91
2	137	137	91	91
3	137	137	91	91
4	60	60	45	45
5	60	60	45	45
6	60	57	45	45
7	60	35	45	43
8	60	8	45	25
9	60	5	45	15
10	60	4	45	15
11	60	2	45	10
12	60	2	45	5
13	60	1	45	5
14	60	1	45	5
15	60	2	45	5
16	60	4	45	8
17	60	4	45	10
18	60	8	45	15
19	60	10	45	18
20	136	20	91	39
21	136	22	91	48
22	136	30	91	50
23	136	65	91	82
Total kWh	2052	948	1448	897

- Perfil de consumo B.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	25	5	20	20
1	25	5	20	20
2	25	5	20	20
3	25	7	20	20
4	25	7	20	20
5	25	10	20	20
6	25	10	20	20
7	25	5	20	20
8	25	2	20	10

9	25	0	20	2
10	25	0	20	2
11	346	40	20	0
12	430	140	20	0
13	430	190	20	0
14	346	152	20	0
15	25	0	20	0
16	25	0	20	2
17	25	0	20	2
18	25	2	224	56
19	25	5	300	210
20	25	8	300	300
21	25	8	224	224
22	25	8	20	20
23	25	8	20	20
Total kWh	2052	617	1756	1008

Zona Climática IV.

- Perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	47	15	30	23
1	47	15	30	25
2	47	20	30	25
3	47	35	30	30
4	55	55	38	38
5	80	80	55	55
6	85	80	61	61
7	98	55	65	63
8	115	25	82	61
9	115	15	82	28
10	125	10	90	16
11	125	8	90	14
12	125	2	90	12
13	115	2	85	10
14	115	4	85	12
15	115	4	85	14
16	98	6	65	16
17	98	8	65	22
18	80	8	55	22
19	80	10	55	23
20	60	10	45	23
21	60	15	45	25

22	60	20	45	28
23	60	20	45	34
Total kWh	2052	522	1448	680

- Perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	137	137	91	91
1	137	137	91	91
2	137	137	91	91
3	137	137	91	91
4	60	60	45	45
5	60	60	45	45
6	60	50	45	45
7	60	20	45	41
8	60	8	45	22
9	60	2	45	10
10	60	1	45	6
11	60	1	45	4
12	60	0	45	2
13	60	0	45	1
14	60	0	45	1
15	60	0	45	2
16	60	1	45	4
17	60	2	45	4
18	60	2	45	8
19	60	4	45	10
20	136	8	91	24
21	136	10	91	34
22	136	15	91	46
23	136	85	91	83
Total kWh	2052	877	1448	801

- Perfil de consumo B.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	25	5	20	20
1	25	5	20	20
2	25	7	20	20
3	25	10	20	20
4	25	10	20	20
5	25	10	20	20

6	25	10	20	20
7	25	2	20	20
8	25	0	20	8
9	25	0	20	2
10	25	0	20	0
11	346	20	20	0
12	430	75	20	0
13	430	146	20	0
14	346	142	20	0
15	25	0	20	0
16	25	0	20	0
17	25	0	20	0
18	25	2	224	20
19	25	4	300	185
20	25	5	300	300
21	25	4	224	224
22	25	2	20	20
23	25	2	20	20
Total kWh	2052	461	1448	939

Zona Climática V.

- Perfil de consumo A con el 80% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	47	6	30	16
1	47	6	30	18
2	47	8	30	22
3	47	8	30	25
4	55	32	38	36
5	80	78	55	55
6	85	85	61	61
7	98	80	65	65
8	115	50	82	68
9	115	6	82	32
10	125	4	90	10
11	125	2	90	8
12	125	1	90	6
13	115	1	85	4
14	115	1	85	4
15	115	1	85	5
16	98	1	65	5
17	98	2	65	6
18	80	2	55	6

19	80	2	55	8
20	60	2	45	10
21	60	4	45	12
22	60	6	45	16
23	60	8	45	20
Total kWh	2052	396	1448	518

- Perfil de consumo A con el 50% de solapamiento respecto a la producción solar.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	137	136	91	91
1	137	136	91	91
2	137	136	91	91
3	137	136	91	91
4	60	59	45	45
5	60	59	45	45
6	60	59	45	45
7	60	47	45	45
8	60	2	45	30
9	60	0	45	8
10	60	0	45	4
11	60	0	45	2
12	60	0	45	1
13	60	0	45	1
14	60	0	45	0
15	60	0	45	0
16	60	0	45	1
17	60	0	45	2
18	60	0	45	4
19	60	0	45	5
20	136	0	91	8
21	136	0	91	12
22	136	2	91	16
23	136	44	91	68
Total kWh	2052	816	1448	706

- Perfil de consumo B.

Horas	kWh sin autoconsumo verano	kWh con autoconsumo verano	kWh sin autoconsumo invierno	kWh con autoconsumo invierno
0	25	2	20	20
1	25	2	20	20
2	25	2	20	20

3	25	4	20	20
4	25	4	20	20
5	25	4	20	20
6	25	5	20	20
7	25	5	20	20
8	25	0	20	16
9	25	0	20	2
10	25	0	20	0
11	346	5	20	0
12	430	30	20	0
13	430	100	20	0
14	346	100	20	0
15	25	0	20	0
16	25	0	20	0
17	25	0	20	0
18	25	0	224	5
19	25	2	300	143
20	25	4	300	300
21	25	4	224	224
22	25	0	20	20
23	25	0	20	20
Total kWh	2052	273	1448	890

