



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**ESTUDIO DEL AUTOCONSUMO
FOTOVOLTAICO. ANÁLISIS DE
SISTEMAS DE AUTOCONSUMO
FOTOVOLTAICO PARA DIFERENTES
VIVIENDAS DE ANDALUCÍA**

Alumno/a: Castillo Marín, Manuel

Tutor/a: Prof. D. Francisco José Muñoz Rodríguez
Prof. D. Catalina Rus Casas

Dpto: Ingeniería Electrónica y Automática

Diciembre, 2017

Resumen

En este trabajo se llevan a cabo un estudio en varias viviendas andaluzas que tiene como objetivo analizar la influencia sobre el autoconsumo fotovoltaico de determinados parámetros: efecto de la inclinación y la orientación del GFV, gestión de cargas y uso compartido del generador fotovoltaico por varias viviendas. Los parámetros de la orientación y la inclinación influyen directamente en la cantidad de energía fotovoltaica generada y sobre estos parámetros, una vez instalado un generador fotovoltaico, no se puede actuar dado que normalmente este se instala de manera permanente.

En el sector residencial resulta difícil conseguir que la curva de consumo de una vivienda coincida con la curva de generación fotovoltaica para aprovechar al máximo posible la energía generada. Por este motivo surge la idea de analizar la gestión de cargas y ver como modificando la hora de su puesta en marcha, y por tanto, modificando el perfil de consumo, se consigue una mejora del acoplo entre los perfiles de consumo y generación.

Otro aspecto a tener en cuenta, y acorde a un cambio de la normativa vigente en España, es el uso compartido de un generador fotovoltaico por lo que en el estudio se ve cómo afecta el hecho de utilizar un generador compartido para dos viviendas diferentes.

En definitiva, controlando adecuadamente los parámetros anteriormente mencionados se puede conseguir una optimización del autoconsumo de energía solar fotovoltaica en viviendas residenciales.

Abstract

In this work, a series of studies are carried out in different households of Andalusia with the objective to analyze the parameters that influence photovoltaic self-consumption, such as orientation, inclination or load management. The parameters of orientation and inclination directly influence in the amount of photovoltaic energy generated and on these parameters, once a photovoltaic generator is installed, you can not act because it is usually installed permanently.

In the residential sector, it is difficult to get the consumption curve of a home to coincide with the photovoltaic generation curve in order to take advantage of the generated energy as much as possible. For this reason arises the idea of analyzing load management and see how it influences the increase in photovoltaic solar energy consumption.

Another aspect to take into account, and in line with a change in current regulations in Spain, is the shared use of a photovoltaic generator, so the study shows how it affects the fact of using a shared generator for two different homes.

Together, all these parameters can achieve an increase in the self-consumption of photovoltaic solar energy in homes.

Índice

Índice de ilustraciones.....	6
Índice de tablas	9
1. Introducción.....	11
1.1. Antecedentes	13
1.2. Objetivo	17
1.3. Metodología	18
2. Autoconsumo fotovoltaico y balance neto	19
2.1. Autoconsumo fotovoltaico.....	19
2.2. Autoconsumo instantáneo.....	23
2.3. Índices de autoconsumo.....	25
2.4. Balance neto.....	26
2.5. Legislación y situación actual en España	28
2.6. Legislación y situación actual en otros países	31
2.6.1. Políticas de autoconsumo en Europa	31
2.6.2. Políticas de autoconsumo en América	35
2.6.3. Políticas de autoconsumo en Asia	37
2.6.4. Tabla comparativa del autoconsumo en Europa.....	38
2.6.5. Tabla comparativa del autoconsumo en el resto del mundo	39
3. Estudio del perfil de consumo de una vivienda	41
3.1. Obtención de datos de consumo de viviendas	42
3.1.1. Obtención de perfiles de consumo diarios medios mensuales	42
3.1.2. Obtención de perfiles de consumo de grandes cargas de una vivienda	43
3.2. Caracterización general de consumo de las viviendas utilizadas en el estudio	44
3.2.1. Caracterización de la Vivienda #1	44

3.2.2. Caracterización de la Vivienda #2.....	47
3.2.3. Caracterización de la Vivienda #3.....	50
3.2.4. Caracterización de la Vivienda #4.....	53
3.2.5. Caracterización de la Vivienda #5.....	56
3.2.6. Caracterización de la Vivienda #6.....	59
3.2.7. Caracterización de la Vivienda #Temp 1.....	62
3.2.8. Caracterización de la Vivienda #Temp 2.....	65
3.2.9. Conclusiones de las viviendas estudiadas.....	67
4. Obtención del perfil de generación de un SF de autoconsumo	68
4.1. Perfil de generación de un SF de autoconsumo conectado a red	69
5. Influencia de la orientación y la inclinación en la optimización de un sistema de autoconsumo fotovoltaico	73
5.1. Influencia de la orientación.....	74
5.2. Influencia de la inclinación.....	76
6. Influencia del uso compartido de un generador fotovoltaico	78
6.1. Combinación de 2 viviendas	83
6.2. Conclusión del uso compartido de 2 viviendas.....	85
7. Influencia de la gestión de cargas	86
7.1. Dispositivo de monitorización TP-LINK 110.....	86
7.2. Caracterización detallada de la Vivienda #4.....	87
7.2.1. Electrodomésticos.....	90
7.3. Análisis de la influencia de la gestión de cargas.....	94
7.4. Índices de autoconsumo y autosuficiencia sin gestión de cargas.....	95
7.5. Índices de autoconsumo y autosuficiencia con gestión de cargas.....	96
7.6. Conclusión de la gestión de cargas en la Vivienda #4	98
8. Conclusiones	99
Bibliografía.....	101

Normativa consultada	102
Glosario de términos	102
ANEXO I: VALORES DIARIOS MEDIOS MENSUALES DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS	104
ANEXO II: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA ORIENTACIÓN	116
ANEXO III: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA INCLINACIÓN	126
ANEXO IV: HOJA DE CARACTERÍSTICAS DEL TP-LINK HS 110.....	144

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución del consumo de energía en el mundo	11
Ilustración 2. Consumo de energía primaria en el mundo en 2015	12
Ilustración 3. Energía final consumida en España en el año 2015	13
Ilustración 4. Consumo de energía por usos en el sector residencial	14
Ilustración 5. Potencia Fotovoltaica instalada en España entre 2007 y 2015	15
Ilustración 6. Potencia Fotovoltaica instalada en España por Comunidades Autónomas ...	16
Ilustración 7. Esquema de un sistema de Generación Fotovoltaico conectado a red	21
Ilustración 8. Perfil de generación y de consumo de una vivienda de la provincia de Jaén	24
Ilustración 9. Curvas de los índices de autoconsumo y autosuficiencia	26
Ilustración 10. Proceso del Balance Neto de energía eléctrica.....	27
Ilustración 11. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #1 a lo largo del año.....	45
Ilustración 12. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #1 por estaciones	45
Ilustración 13. Perfiles de consumo de la Vivienda #1 en los meses de Primavera y Verano	46
Ilustración 14. Perfiles de consumo de la Vivienda #1 en los meses de Otoño e Invierno ..	46
Ilustración 15. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #2 a lo largo del año.....	48
Ilustración 16. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #2 por estaciones	48
Ilustración 17. Perfil de consumo de la Vivienda #2 en los meses de Primavera y Verano	49
Ilustración 18. Perfil de consumo de la Vivienda #2 en los meses de Otoño e Invierno	49
Ilustración 19. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #3 a lo largo del año.....	51
Ilustración 20. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #3 por estaciones	51
Ilustración 21. Perfil de consumo de la Vivienda #3 en los meses de Primavera y Verano	52
Ilustración 22. Perfiles de consumo de la Vivienda #3 en los meses de Otoño e Invierno..	52
Ilustración 23. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #4 a lo largo de un año	54
Ilustración 24. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #4 por estaciones	54
Ilustración 25. Perfiles de consumo de la Vivienda #4 en los meses de Primavera y Verano	55
Ilustración 26. Perfiles de consumo de la Vivienda #4 en los meses de Otoño e Invierno..	55
Ilustración 27. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 a lo largo del año.....	57
Ilustración 28. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 por estaciones	57

Ilustración 29. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 en los meses de Primavera y Verano	58
Ilustración 30. Perfiles de consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 en los meses de Otoño e Invierno	58
Ilustración 31. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 a lo largo del año	60
Ilustración 32. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 por estaciones	60
Ilustración 33. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 durante los meses de Primavera y Verano	61
Ilustración 34. Perfiles de consumo de la Vivienda #6 en los meses de Otoño e Invierno..	61
Ilustración 35. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 1 a lo largo del año ..	63
Ilustración 36. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 1 por estaciones.....	63
Ilustración 37. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Primavera y Verano	64
Ilustración 38. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Otoño e Invierno	64
Ilustración 39. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 2 a lo largo del año ..	66
Ilustración 40. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 2 por estaciones.....	66
Ilustración 41. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Verano.....	67
Ilustración 42. Esquema de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red	68
Ilustración 43. Perfil de irradiancia en la provincia de Jaén en los meses de diciembre y julio para una inclinación de 30° y una orientación de 0°	70
Ilustración 44. Obtención del perfil de irradiancia de PVGIS.....	70
Ilustración 45. PR para los meses del año en Andalucía.....	72
Ilustración 46. Potencia de salida de un generador fotovoltaico de 1 kW de potencia nominal instalado en Jaén con una orientación de 0° y una inclinación de 30°	72
Ilustración 47. Esquema de la orientación e inclinación de un GFV	73
Ilustración 48. Influencia de la orientación en las diferentes viviendas estudiadas	74
Ilustración 49. Influencia de la inclinación en el tamaño óptimo del generador fotovoltaico	77
Ilustración 50. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #4 en el mes de enero	80
Ilustración 51. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #4 en el mes de julio	80

Ilustración 52. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #5 en el mes de enero.....	81
Ilustración 53. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #5 en el mes de julio	81
Ilustración 54. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #6 en el mes de enero.....	82
Ilustración 55. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #6 en el mes de julio	82
Ilustración 56. Datos de salida del TP-LINK HS 110	86
Ilustración 57. Perfil de consumo del lavavajillas de la Vivienda #4.....	91
Ilustración 58. Perfil de consumo de la lavadora de la Vivienda #4	92
Ilustración 59. Perfil de consumo de la secadora de la Vivienda #4	93
Ilustración 60. Perfil de Generación de ESFV y perfil de consumo base de la Vivienda #4	94
Ilustración 61. Perfil de consumo de la Vivienda #4 de un día de mayo sin gestión de cargas	96
Ilustración 62. Perfil de consumo de la vivienda #4 en un día de mayo con gestión de cargas	97

Índice de tablas

Tabla 1. Retribución a la Energía Solar Fotovoltaica en Alemania	32
Tabla 2. Retribución de la Energía Solar Fotovoltaica en Francia	33
Tabla 3. Situación del autoconsumo en Europa I	38
Tabla 4. Situación del autoconsumo en Europa II.....	39
Tabla 5. Situación del autoconsumo en América	39
Tabla 6. Situación del autoconsumo en Asia	40
Tabla 7. Consumo de energía medio de una vivienda española según el número de habitantes	41
Tabla 8. Sistemas de ACS y calefacción de una vivienda española	42
Tabla 9. Datos generales de la Vivienda #1	44
Tabla 10. Datos generales de la Vivienda #2	47
Tabla 11. Datos generales de la Vivienda #3	50
Tabla 12. Datos generales de la Vivienda #4	53
Tabla 13. Datos generales de la Vivienda #5	56
Tabla 14. Datos generales de la Vivienda #6	59
Tabla 15. Datos generales de la Vivienda #Temp 1	62
Tabla 16. Datos generales de la Vivienda #Temp 2	65
Tabla 17. PR para los meses del año en Andalucía	71
Tabla 18. Variación del tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico.....	75
Tabla 19. Porcentaje de aumento del tamaño del generador fotovoltaico con la inclinación con respecto al óptimo	77
Tabla 20. Pendiente de cubiertas inclinadas.....	78
Tabla 21. Datos iniciales de las viviendas estudiadas para el uso compartido de un generador fotovoltaico.....	79
Tabla 22. Datos de las viviendas combinadas	83
Tabla 24. Características Técnicas del dispositivo TP-LINK HS 110.....	87
Tabla 25. Datos sobre el consumo de una vivienda española de 3 habitantes	89
Tabla 26. Consumo horario de los electrodomésticos que componen la Vivienda #4	90
Tabla 27. Hora de inicio de los electrodomésticos de la Vivienda #4.....	91
Tabla 28. Resultados de las situaciones estudiadas para la gestión de cargas.	97

Memoria

1. Introducción

Actualmente nos encontramos en una época en la que el consumo de energía es muy elevado tanto a nivel mundial como a nivel nacional. Esto provoca que se utilicen grandes cantidades de recursos fósiles que son utilizados en centrales térmicas para abastecer la demanda de energía eléctrica de la sociedad, que utilizan carbón o gas natural como combustible, o en las refinerías de las que se obtienen los diversos recursos procedentes del petróleo. La *ilustración 1* muestra la evolución del consumo de energía y las previsiones que hace la Agencia Internacional de la Energía para el año 2035.

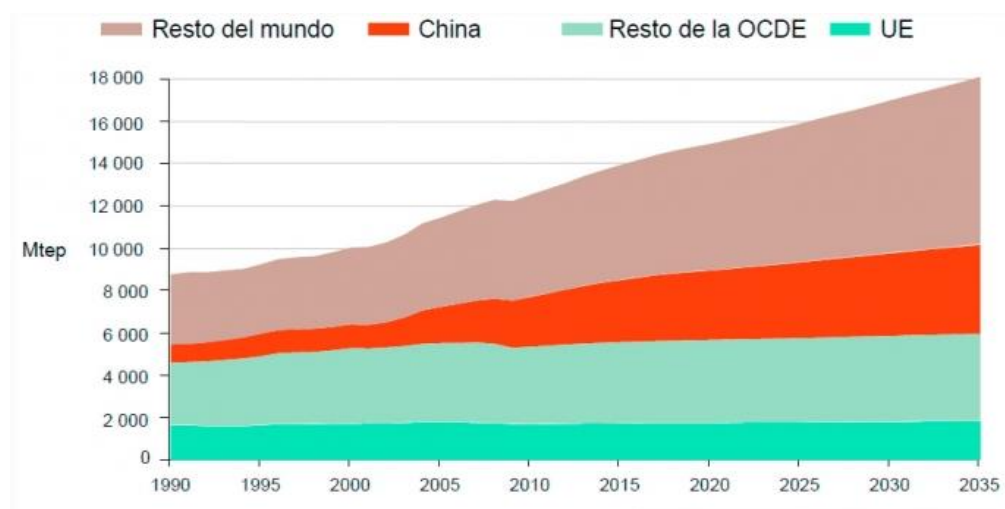


Ilustración 1. Evolución del consumo de energía en el mundo

Fuente: Agencia Internacional de la Energía. “La Energía en Europa” – Fundación para la Eficiencia Energética. [1]

La producción mundial de petróleo creció aún más rápidamente que su consumo por segundo año consecutivo, aumentando en 2,8 millones de barriles por día, su mayor crecimiento desde 2004 lo que demuestra que sigue creciendo el consumo de recursos fósiles. La ilustración 2 representa el porcentaje de consumo de energía primaria de los distintos tipos de recursos energéticos en el mundo en el año 2015. Se pone de manifiesto que el petróleo y el gas son los recursos energéticos más consumidos en el mundo. Por el contrario, las energías renovables tienen una penetración muy pequeña, representando el 2,8% de los recursos energéticos consumidos.

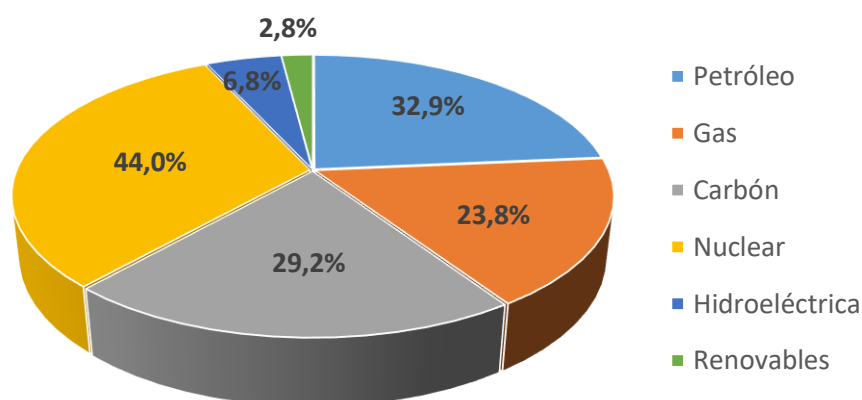


Ilustración 2. Consumo de energía primaria en el mundo en 2015

Fuente: elaboración propia con datos de “BP Statistical Review de 2015” [2]

Igualmente ocurre en España, donde en 2015 el consumo de energía final para usos energéticos y no energéticos fue de 83.967 ktep. De esta energía, el 93,7% procedió de fuentes de energía no renovables tales como el petróleo, carbón o energía nuclear. Cabe destacar que en España, el consumo de energía disminuyó a partir del año 2007 debido a la crisis que comenzó en ese año y que hizo que el consumo continuara descendiendo hasta el año 2014, donde volvió a aumentar ligeramente [3].

Unido al hecho del aumento del consumo de energía se encuentra la preocupación, cada vez mayor, que existe por la conservación del medio ambiente. Esta preocupación se debe a los cambios que se están produciendo y al aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, CO₂ principalmente, que aumentan cuantos más recursos fósiles se consumen. Por este motivo, resulta inevitable tomar medidas para disminuir el consumo de recursos fósiles y disminuir de este modo las emisiones de GEIs. Es en ese momento en el que entran en juego las energías renovables; siendo las únicas capaces de disminuir las emisiones de GEI y sustituir a las grandes centrales de generación de energía que utilizan recursos fósiles como combustible.

1.1. Antecedentes

El consumo de energía eléctrica representa un porcentaje importante de la energía final consumida en España, representando un 23,8% de la energía final consumida en el año 2015. En la ilustración 3 se representa la energía final consumida en España en el año 2015.

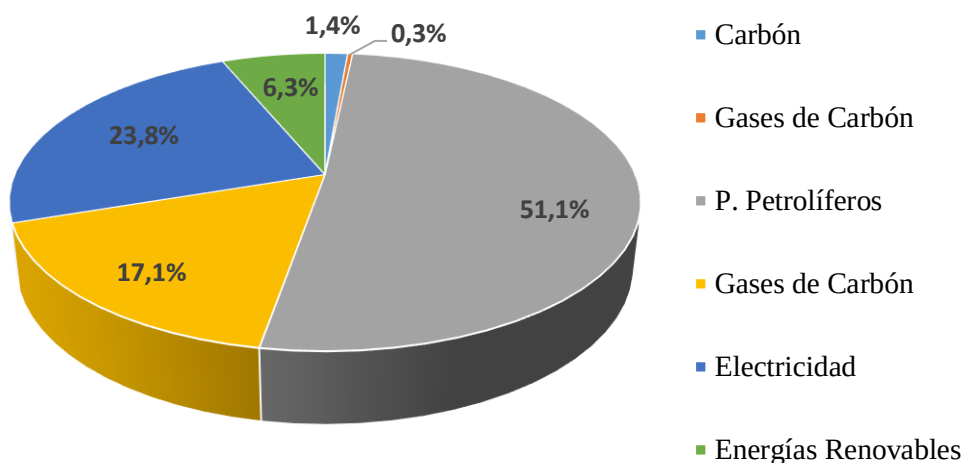


Ilustración 3. Energía final consumida en España en el año 2015

Fuente: elaboración propia con datos de la publicación “La Energía en España 2015”, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo [4]

En el sector residencial, según el *Libro de la Energía de 2015*, la calefacción representa el mayor consumidor de energía final, seguido de los sistemas de ACS y los electrodomésticos, suponiendo estos últimos el 26,6% del total tal y como se muestra en la *ilustración 4*. Desde el Gobierno de España, así como desde las diferentes Comunidades Autónomas se ha fomentado la eficiencia energética, aunque no en gran medida. Estas medidas se han impulsado mediante el Código Técnico de la Edificación, CTE, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, que obligan a la instalación de sistemas de energía renovable para la satisfacción de un porcentaje de la demanda de ACS. También, durante algunos años se han incentivado las instalaciones de energías renovables en viviendas tales como las calderas de biomasa. Tras unos años en los que no se ha favorecido la instalación de ningún tipo de energía renovable, se está empezando a incentivar este tipo de instalaciones desde organismos como el IDAE, que incentivan las instalaciones que disminuyan las emisiones de CO₂ o el consumo de energía no renovable con programas como el PAREER – CRECE o FEDER – COPS 2014 – 2020.

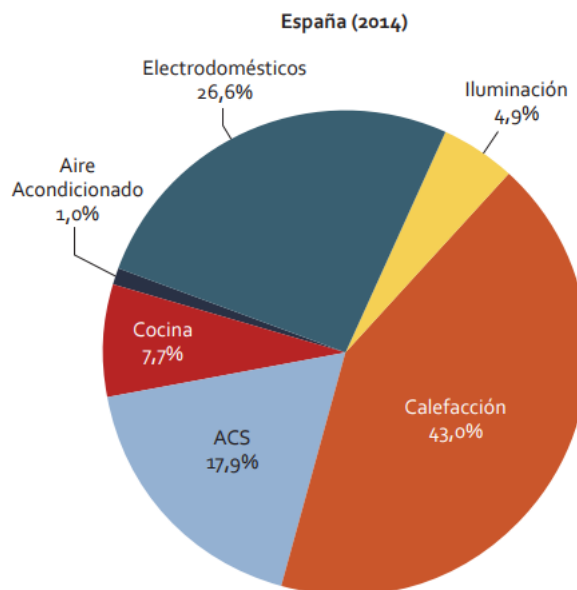


Ilustración 4. Consumo de energía por usos en el sector residencial

Fuente: “Libro de la Energía 2015” IDAE – EnR [5]

La energía utilizada para abastecer la demanda de calefacción, tradicionalmente ha sido el gas natural o el gasoil. A pesar de esto, aparecieron hace años las calderas de biomasa y cada vez son más hogares los que utilizan este tipo de calderas para satisfacer la demanda de calefacción. También existe un número importante de calefacciones eléctricas.

En cuanto a la demanda de ACS, actualmente se utilizan sistemas eléctricos, sistemas que utilizan gases licuados del petróleo como el butano e incluso sistemas renovables como los captadores térmicos o las calderas de biomasa.

El resto de los consumos de los hogares son abastecidos por electricidad procedente de la red eléctrica y que, en definitiva, utiliza combustibles fósiles.

La introducción de las energías renovables en los hogares españoles se hace a través de la sustitución de calderas que utilizan combustibles no renovables por calderas de biomasa, instalando captadores de energía solar térmica para el abastecimiento de ACS o instalando generadores fotovoltaicos para cubrir parte de la demanda de energía eléctrica de la vivienda.

En el caso concreto de la energía solar fotovoltaica, que es sobre la que versa el presente Trabajo Fin de Máster, la potencia instalada en España en los últimos años no ha seguido la tendencia generalizada que se ha dado en el resto del mundo sino que se ha visto

frenada debido a las políticas y normativas del país. En el año 2015 la potencia instalada en el mundo era de 230 GW; en España se encontraban casi 4,7 GW de esa potencia total.

En los últimos años, entre 2014 y 2016, la potencia instalada ha sido muy pequeña en España, de hecho, no se instaló potencia fotovoltaica conectada a red. Las pocas instalaciones que se llevaron a cabo corresponden a pequeñas instalaciones de autoconsumo, sobre todo para bombeos. En la *ilustración 5* se representa la evolución de la potencia fotovoltaica instalada durante el periodo de tiempo desde 2007 a 2015.

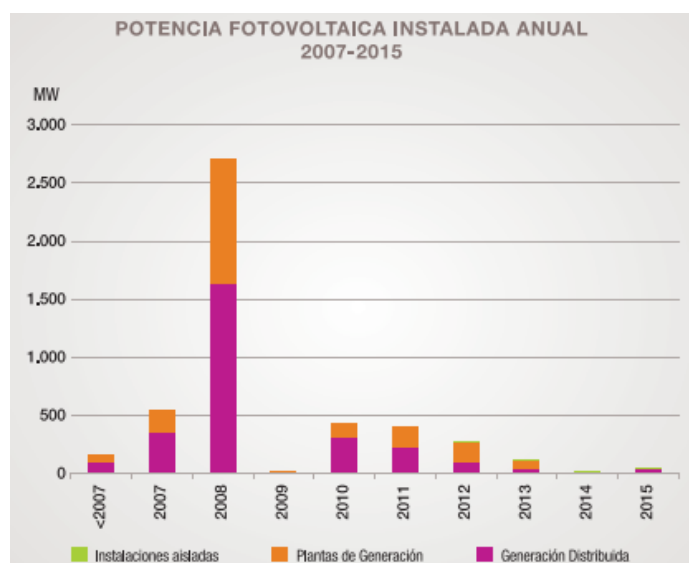


Ilustración 5. Potencia Fotovoltaica instalada en España entre 2007 y 2015

Fuentes: “El libro de la Energía 2016” UNEF [6]

Tal y como apuntan los expertos, entre ellos la Unión Española Fotovoltaica, el futuro de la Energía Solar Fotovoltaica no se encuentra en las grandes Plantas de Generación como se ha hecho hasta ahora, sino en la generación distribuida. Esto implica que pequeños consumidores de energía cuenten con sistemas de generación fotovoltaica que cubran sus demandas y, en el caso ideal, viertan su energía excedente a la red eléctrica para que otro consumidor pueda utilizarla y maximizar el aprovechamiento de la energía generada. En el *Informe Anual de 2016* de la UNEF se dice que este tipo de generación cuenta además con una serie de ventajas como son la creación de puestos de trabajo cualificados y cercanos al punto de generación, creación de un tejido industrial, reducción de emisiones de GEI, reducción de costes de emisiones de CO₂ y reducción de la dependencia energética.

A pesar de esto, actualmente no existe un clima que fomente este tipo de generación en España, ya que actualmente el Real Decreto 900/2015 de 9 de octubre de 2015 pone una

serie de impedimentos que contribuyen a que este tipo de energía no sea tan rentable como pudiera llegar a ser. A pesar de esto, los sistemas de generación aislados no se ven afectados por este Real Decreto, por lo que en estos dos últimos años está teniendo, y se espera que continúe teniendo, un importante desarrollo en los sectores agrícolas y ganaderos.

También es importante analizar la situación actual en las diferentes Comunidades Autónomas, ya que estas presentan diferencias significativas. En la *ilustración 6* se puede observar la potencia fotovoltaica instalada en España entre el año 2010 y el año 2015 por Comunidades Autónomas.

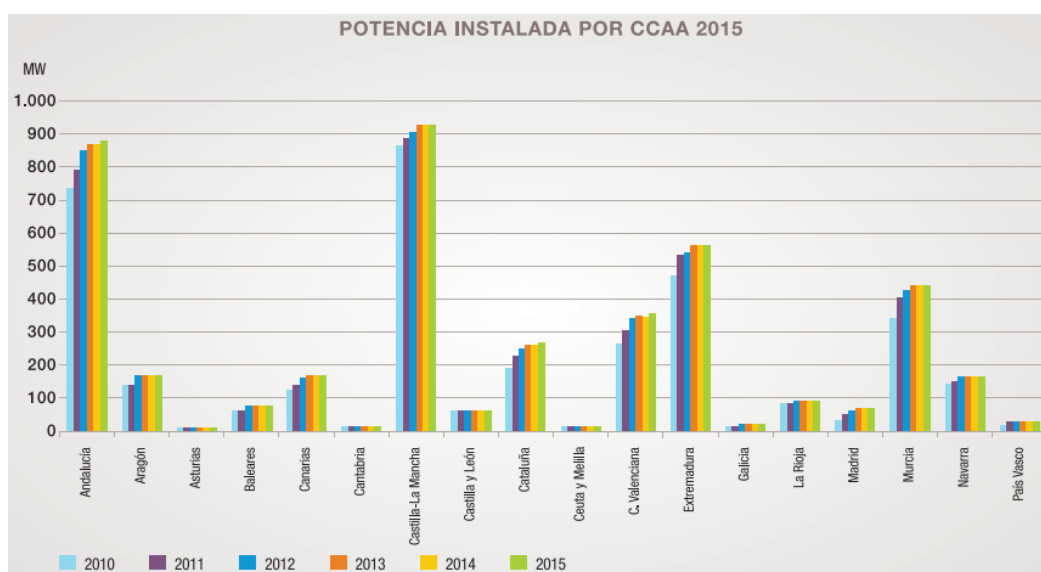


Ilustración 6. Potencia Fotovoltaica instalada en España por Comunidades Autónomas

Fuente: “El libro de la Energía 2016” UNEF y Comisión Nacional de Mercados y Competencias [7].

En la ilustración se puede observar como las comunidades de Andalucía y Castilla-La Mancha se encuentran a la cabeza en potencia instalada durante los últimos años e incluso continúan con su tendencia ascendente a lo largo de este periodo. Esto puede deberse a la gran extensión de estas comunidades, aunque en ambos casos, estas cuentan con un importante recurso solar. Por el contrario, podemos ver como otras comunidades tales como Cantabria, Asturias, Galicia y País Vaco cuentan con una potencia instalada muy pequeña. Esto, al contrario que en los casos de Andalucía y Castilla-La Mancha, puede deberse a la pequeña extensión y al escaso recurso solar [7].

A pesar de esto, la presión social y de diferentes asociaciones fotovoltaicas del país está consiguiendo que se modifique la normativa actual que regula el autoconsumo fotovoltaico. Según la UNEF, se producirá un aumento en el número de instalaciones para

autoconsumo fotovoltaico en los próximos años. Este tipo de instalaciones fotovoltaicas serán de poca potencia y se instalarán en espacios como tejados y azoteas de viviendas e incluso de naves; además, dada la naturaleza del autoconsumo fotovoltaico, las viviendas continuarán conectadas a la red eléctrica aunque no podrán verter sus excedentes a esta.

Actualmente la tecnología utilizada en la conversión de la energía solar fotovoltaica está muy desarrollada por lo que, en este punto en el que se encuentra esta energía, resulta interesante aprovechar la mayor cantidad de energía generada por un generador fotovoltaico. Esto se puede conseguir intentando coincidir la curva de consumo de una vivienda con el perfil de generación para así maximizar la energía generada utilizada y minimizar la energía necesaria que ha de ser cubierta por la red eléctrica.

En este trabajo se llevarán a cabo una serie de estudios cuyo objetivo es el de identificar parámetros que ayuden a optimizar el autoconsumo fotovoltaico y que, llevados a la práctica, conseguirán un mayor aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica generada.

1.2. Objetivo

En una vivienda el consumo eléctrico representa un porcentaje muy alto dentro del consumo energético de la misma vivienda por lo que resulta crucial reducir este consumo o, en su defecto, cubrir esta demanda con energías renovables tales como la energía solar fotovoltaica. El objetivo de este estudio es el de identificar los parámetros que afectan al autoconsumo fotovoltaico y cuantificar sus efectos, al mismo tiempo que intentar optimizar el autoconsumo fotovoltaico, maximizando el acoplo entre los perfiles de generación y consumo.

Para poder llevar a cabo los estudios pertinentes, se van a obtener perfiles de consumo reales de viviendas que se encuentren en Andalucía. Las viviendas estudiadas serán variadas, pudiéndose encontrar viviendas en la que los miembros que componen la misma habitan en ella durante todo el año e incluso viviendas de uso temporal tales como viviendas utilizadas durante los meses de verano. Del mismo modo, se han estudiado viviendas que cuentan con más electrodomésticos o hacen un mayor uso de algunos de ellos y viviendas que cuentan con menos electrodomésticos que las demás. Los datos estudiados de los perfiles de consumo resultan ser diarios medios mensuales. Llegados a este punto hay que matizar que lo deseado

sería utilizar los perfiles diarios obtenidos durante todo el año ya que las medias pueden enmascarar resultados. No obstante, la herramienta de estudio utilizada basada en Excel dificulta el tratamiento de este tipo de datos. De todas formas, los resultados obtenidos ofrecen aproximaciones y tendencias muy próximas a la realidad. Como línea futura de investigación, y para obtener resultados más exactos, se aconseja abordar este mismo estudio pero utilizando datos diarios utilizando un software matemático más avanzado como puede ser Matlab. Al mismo tiempo se anima a aumentar la base de datos de viviendas estudiadas.

Los generadores fotovoltaicos de autoconsumo se instalan en tejados y azoteas en el caso de viviendas por lo que el espacio disponible limita en ocasiones el tamaño del generador fotovoltaico. La tipología de la construcción también limita otros parámetros del generador fotovoltaico como la inclinación y la orientación; este último está limitado en mayor medida ya que el coste de instalar una estructura metálica para instalar el generador cuya orientación sea óptima es muy alto. En este trabajo se estudiará el efecto de los parámetros de la orientación e inclinación en el autoconsumo fotovoltaico.

Por otro lado, un punto importante a tener en cuenta es, como ya se ha visto, el consumo de los electrodomésticos que representa un porcentaje importante dentro del consumo eléctrico total de una vivienda. Por ello, se va a diseñar una herramienta de estudio que analizará la influencia de la gestión de cargas (electrodomésticos) para analizar si es interesante contar con algún dispositivo de gestión en una vivienda para aprovechar la mayor cantidad de energía generada por un generador fotovoltaico. Se estudiará hasta qué punto se puede optimizar, utilizando la gestión de cargas, el acoplo entre los perfiles de generación y consumo. Hay que matizar que otra estrategia para conseguir este fin, y considerando que la normativa española no permite el balance neto, es el uso de baterías. No obstante, esta técnica no se estudiará en este trabajo, dejándose como línea futura de investigación

1.3. Metodología

La metodología que se ha seguido durante la realización de este estudio ha sido la siguiente:

- Búsqueda de bibliografía y normativa actual sobre el autoconsumo en España.
- Estudio y comparativa de la legislación concerniente al autoconsumo en el mundo.

- Búsqueda de información sobre el consumo de energía en el sector residencial en España.
- Obtención de datos reales de consumos diarios medios mensuales de diferentes viviendas de Andalucía.
- Obtención de perfiles de consumo real de grandes cargas existentes en una vivienda, tales como lavadora, lavavajillas o secadora.
- Elaboración de programas Excel para analizar la influencia de la gestión de cargas en una vivienda en el autoconsumo fotovoltaico.
- Utilización de programas en Excel para estudiar los índices de autoconsumo y autosuficiencia de una vivienda que cuente con un generador fotovoltaico en función de la orientación y la inclinación.
- Análisis de los resultados obtenidos y conclusiones

2. Autoconsumo fotovoltaico y balance neto

En este apartado se explicarán los conceptos de autoconsumo fotovoltaico y balance neto. También se llevará a cabo un análisis de la legislación actual en España así como de la de otros países.

2.1. Autoconsumo fotovoltaico

La Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, en su artículo 9, define el 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 distingue varias modalidades de autoconsumo.

Técnicamente existen 3 sistemas de autoconsumo, según El (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, 2002), pudiendo ser:

- Interconectadas: Son aquellas que están, normalmente, trabajando en paralelo con la Red de Distribución Pública. En éstas no se disponen de baterías.
- Asistida: Son aquellas en las que existe una conexión con la Red de Distribución Pública, pero sin que los generadores puedan estar trabajando en paralelo con ella. Este tipo de instalación es apropiado en lugares con fallas del suministro eléctrico o

caídas de tensión y también una opción para evitar que los excedentes fotovoltaicos se viertan a la Red y se usen en horas sin sol, extrayendo la electricidad de las baterías.

- **Aislada:** Son aquellas en las que no existe conexión eléctrica alguna con la Red de Distribución Pública. Son necesarios los sistemas de acumulación para disponer de electricidad en horas sin radiación solar.

De forma más general se puede decir que existen dos tipos de sistemas de generación para autoconsumo:

- **Sistemas conectados a red:** se trata de sistemas fotovoltaicos en los que además este se encuentra conectado a la red de distribución eléctrica. De este modo, el suministro eléctrico nunca se verá interrumpido ya que en caso de que el sistema fotovoltaico no genere la cantidad de energía demandada por los elementos conectados a la red interior, la red de distribución servirá para cubrir dicha demanda sin problemas. Este tipo de instalaciones actualmente se ven afectadas por el Real Decreto 900/2015.
- **Sistemas aislados o autónomos:** se trata de sistemas fotovoltaicos que no se encuentran conectados a la red de distribución eléctrica. De este modo, la demanda energética de electricidad será cubierta únicamente por el sistema de generación fotovoltaico, que además podrá contar con un sistema de almacenamiento. Este tipo de instalaciones, a diferencia de las de conexión a la red, no se verían afectadas por el Real Decreto 900/2015, al no existir ningún tipo de conexión entre la instalación fotovoltaica y la red eléctrica.

La *ilustración 7* representa un sistema de generación fotovoltaico conectado a red y aislado, respectivamente.

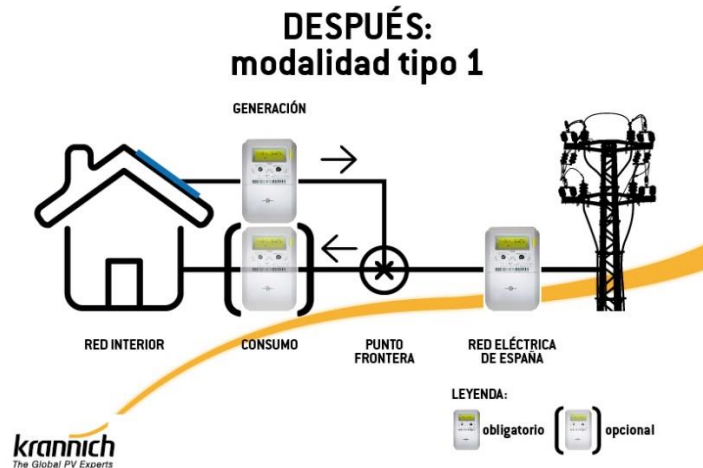


Ilustración 7. Esquema de un sistema de Generación Fotovoltaico conectado a red

Fuente: “Real decreto de autoconsumo: ¿cómo sacarle provecho”? Krannich Solar [8]

De una manera más resumida, el autoconsumo fotovoltaico conectado a red se basa en que un productor de energía a la vez es el consumidor de esta. Al tratarse de energía solar fotovoltaica, el consumidor aprovecha la radiación solar, que es transformada en electricidad. Dependiendo de las condiciones de radiación y del consumo, se pueden dar una serie de escenarios.

- **Escenario 1:** el sistema de generación fotovoltaico no genera una cantidad de energía eléctrica suficiente como para cubrir la demanda. En este caso, parte de la demanda será cubierta por la red de distribución eléctrica.

Energía Solar Fotovoltaica Generada < Demanda de Electricidad

- **Escenario 2:** el sistema de generación fotovoltaico de autoconsumo genera una cantidad de energía superior a la necesaria para cubrir la demanda. En este caso, dependiendo del país y de la normativa del mismo, se permite o no verter el excedente de energía a la red de distribución llegando incluso a compensarse la energía vertida. En el caso concreto de España, no está permitido verter el excedente a la red de distribución, por lo que la normativa obliga a instalar un dispositivo que impida la inyección a la red de distribución.

Energía Solar Fotovoltaica Generada > Demanda de Electricidad

- **Escenario 3:** este caso sería el ideal; el sistema de generación fotovoltaico genera exactamente la cantidad misma de energía necesaria para cubrir la demanda de energía eléctrica. Este caso es difícil de alcanzar.

$$\text{Energía Solar Fotovoltaica Generada} = \text{Demanda de Electricidad}$$

Los sistemas de generación fotovoltaicos conectados a red, que serán los que se traten en este trabajo, presentan diferentes posibilidades que serán más o menos atractivas atendiendo a la legislación actual. Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es el vertido a la red de distribución de la energía excedente, por lo que de este modo actualmente existen las siguientes modalidades según el *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*.

- **Modalidad de autoconsumo Tipo 1:** Cuando se trate de un consumidor en un único punto de suministro o instalación, que disponga en su red interior de una o varias instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al consumo propio y que no estuvieran dadas de alta en el correspondiente registro como instalación de producción.

Los Sistemas de Generación cuya potencia sea menor o igual a 100 kW y que cuenten con un dispositivo que evite el vertido de la energía excedente a la red de distribución están exentos del pago de los estudios de acceso y conexión previstos en el artículo 30 del Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre.

- **Modalidad de autoconsumo Tipo 2:** Cuando se trate de un consumidor de energía eléctrica en un punto de suministro o instalación, que esté asociado a una o varias instalaciones de producción debidamente inscritas en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica conectadas en el interior de su red o que compartan infraestructura de conexión con éste o conectados a través de una línea directa.

En esta modalidad los titulares de las instalaciones de producción, por el vertido horario definido en el artículo 3, deberán satisfacer los peajes de acceso establecidos en el Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, y el tamaño de los Generadores Fotovoltaicos está comprendido entre los 10 kW y los 100 kW.

2.2. Autoconsumo instantáneo

El autoconsumo instantáneo se basa en el hecho de que un generador fotovoltaico genere electricidad y la consuma en el mismo momento. . En este caso, y si no se permite verter a la red el excedente de energía producida, interesa aprovechar al máximo la energía generada, ya que de lo contrario se perderá.

Maximizar el autoconsumo instantáneo no es tarea fácil ya que depende del nivel de acoplo entre los perfiles de generación y de consumo:

- *Perfil horario de consumo* de la instalación a la que se conecta el generador fotovoltaico. Es importante conocerlo para saber cuál es la potencia mínima que se necesita para abastecerla sin necesidad de utilizar energía procedente de la red de distribución.
- *El perfil horario de generación* de la instalación fotovoltaica, de tal forma que la potencia entregada por el inversor supere lo menos posible la potencia consumida por la instalación, y por lo tanto se reduzca la energía producida por el generador fotovoltaico que se malgasta.

Este tipo de autoconsumo está contemplado en la normativa actual española, el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre. En este trabajo se estudiarán solo sistemas de Generación Fotovoltaica con una potencia máxima de 10 kW, por lo que se encajarían dentro del autoconsumo tipo 1, en el que no se pagan peajes de acceso y no está permitida la inyección de energía a la red eléctrica a la red de distribución.

Actualmente, existe un gran número de consumidores importantes tales como hoteles, industrias y otro tipo de instalaciones que funcionan durante el día. Para este tipo de instalaciones es posible diseñar un Generador Fotovoltaico que se adapte a la normativa y en el que se aproveche prácticamente el 100% de la energía generada. Además de esto, existe la posibilidad de adaptar las horas de consumo a las horas de generación fotovoltaica, como es el caso de los bombeos de agua conectados a la red de distribución eléctrica, para aprovechar el 100% de la energía generada.

Si se traslada esta idea al pequeño consumidor, es decir al sector residencial, es posible aplicar esta idea de manera que se diseñe un Generador Fotovoltaico en el que se aproveche la mayor cantidad de energía generada. Esto se puede conseguir adaptando el perfil de consumo al perfil de generación lo que permite, como se verá más adelante, obtener

mayores índices de autoconsumo y autosuficiencia. En la *ilustración 8* se puede observar el perfil de generación, el perfil de consumo y la energía autoconsumida de una vivienda de Jaén.

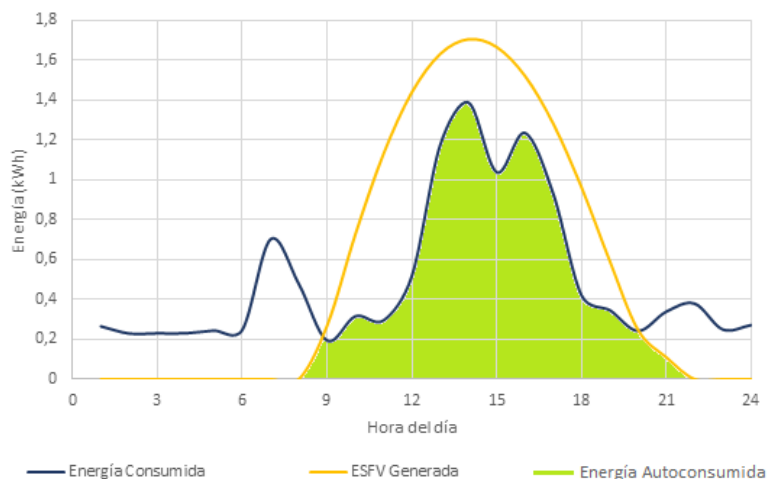


Ilustración 8. Perfil de generación y de consumo de una vivienda de la provincia de Jaén

Fuente: elaboración propia.

Por este motivo es fundamental estudiar los perfiles de consumo de una vivienda durante al menos un año, ya que este último determina un ciclo de comportamiento. En este trabajo se han obtenido los perfiles horarios de consumo de una serie de viviendas correspondientes a todo un año. A partir de estos datos, se han obtenido los *perfiles diarios medios mensuales* de:

- Dos vivienda de tres miembros, dos de ellos mayores de edad
- Una vivienda de dos miembros, mayores de edad.
- Una vivienda de cuatro miembros, todos ellos mayores de edad.
- Una vivienda de cuatro miembros, dos de ellos mayores de edad
- Una vivienda de cuatro miembros, tres de ellos mayores de edad
- Una vivienda de uso temporal (todo el año excepto en invierno) de dos miembros, mayores de edad.
- Una vivienda de uso temporal (durante los meses de verano) de cuatro miembros, todos ellos mayores de edad.

En total se dispone de datos correspondientes a ocho viviendas (tres de las cuales se obtuvieron del Trabajo Fin de Máster “*Estudio de consumo eléctrico de viviendas en España.*

Dimensionado de sistemas fotovoltaicos aplicando los conceptos de autoconsumo y balance neto” de Antonio Jesús Rodríguez Serrano).

2.3. Índices de autoconsumo

El índice de autoconsumo se define como el porcentaje de la energía fotovoltaica consumida, con respecto al total de la energía producida por el generador fotovoltaico.

$$\text{Índice de autoconsumo } (Iac) = \frac{\text{Energía fotovoltaica consumida}}{\text{Energía fotovoltaica generada}}$$

El índice de autosuficiencia se define como el porcentaje de la energía fotovoltaica consumida, con respecto al total de la energía total consumida por la vivienda.

$$\text{Índice de autosuficiencia } (Ias) = \frac{\text{Energía fotovoltaica consumida}}{\text{Energía consumida por la vivienda}}$$

En este trabajo se van a obtener estos índices para cada una de las viviendas estudiadas en un rango de tamaño del generador fotovoltaico comprendido entre 1 kW y 10 kW de potencia. Con estos valores se pueden construir dos curvas, una curva con los índices de autoconsumo (*Iac*) y otra curva con los índices de autosuficiencia (*Ias*). A modo de ejemplo, en la ilustración se representan estas dos curvas para uno de los casos estudiados.

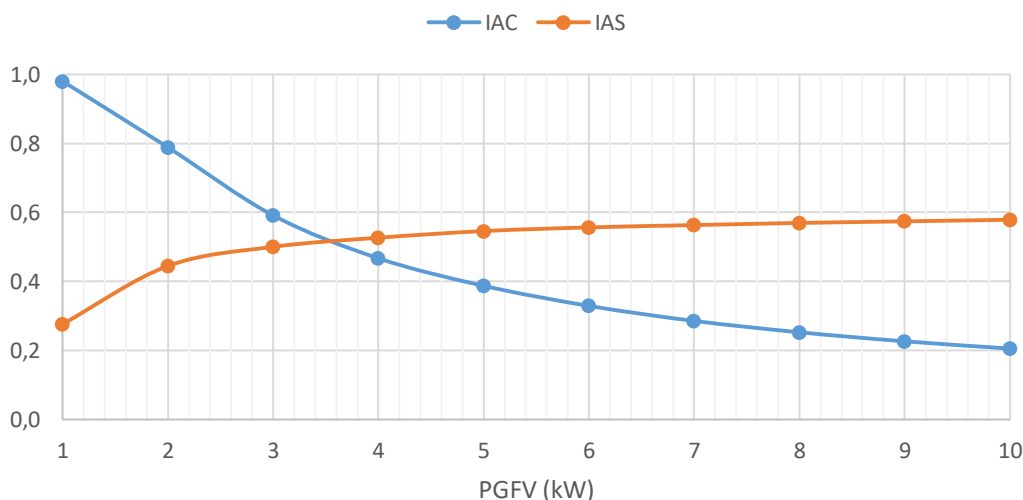


Ilustración 9. Curvas de los índices de autoconsumo y autosuficiencia

Fuente: elaboración propia.

En la *ilustración 9* se puede observar como existe un punto en el que coinciden ambas curvas. Este punto se conoce como **Zero Energy Buiding** y teóricamente corresponde con el punto donde la generación y el consumo se igualan. Este punto se utilizará para desarrollar el estudio que se ofrece en el presente trabajo.

2.4. Balance neto

De manera general, se puede definir el balance neto como un tipo de autoconsumo en el que el consumidor consume la energía generada por su Generador Fotovoltaico pero la energía excedente se inyecta en la red de distribución, que actúa como una batería de capacidad infinita. De esta manera la compañía distribuidora de energía devuelve al consumidor la energía que previamente ha inyectado a la red de distribución.

Con este concepto no se pretende igualar los perfiles de consumo con los perfiles de generación, sino que el consumidor que cuente con un sistema de Generación Fotovoltaica pueda utilizar toda (o casi toda) la energía generada por este.

Resulta evidente que la compañía de distribución tiene que hacer frente a una serie de costes de mantenimiento de la red de distribución, entre otros, por lo que es más que evidente que esta tiene que obtener unos beneficios económicos para poder hacer frente a estos costes. Esto se puede hacer cobrando un importe por la energía inyectada en la red de distribución, o bien que la compañía de distribución no devuelva el total de la energía

inyectada, sino que un porcentaje de esta no será devuelto al consumidor sino que será vendido a otro consumidor que no cuente con un Generador Fotovoltaico. Este proceso se representa en la *ilustración 10*.

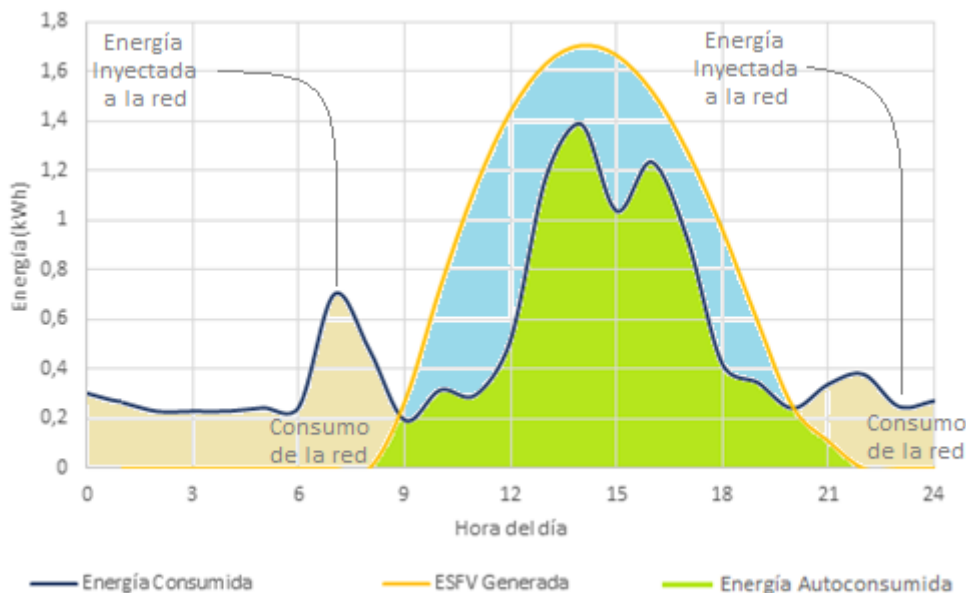


Ilustración 10. Proceso del Balance Neto de energía eléctrica

Fuente: elaboración propia.

En este sistema de balance neto ideal se pueden dar tres escenarios diferentes, al igual que en el autoconsumo instantáneo.

- **Escenario 1: energía consumida mayor que la producida.** En este caso la compañía de distribución facturaría el importe de la energía consumida de la red de distribución, es decir, la diferencia entre la energía total consumida y la Energía Solar Fotovoltaica consumida durante el periodo de facturación.
- **Escenario 2: energía consumida menor que la producida.** En este caso la compañía de distribución no facturaría ningún importe; además, el usuario tendría derecho a verter el excedente de energía a la red de distribución y tendría derecho a consumir la cantidad equivalente o aplicando un factor de corrección a la energía vertida en el próximo periodo de facturación.
- **Escenario 3: energía consumida igual que la producida.** En este caso la compañía de distribución no facturaría ningún importe ni devolvería al usuario energía vertida a la red.

En todos los escenarios la compañía de distribución cobraría el importe correspondiente a la potencia contratada y el alquiler de equipos.

Teniendo en cuenta lo visto anteriormente la rentabilidad de un Generador Fotovoltaico basado en el balance neto dependerá de los siguientes parámetros:

- a) Consumo energético. Resulta evidente que a menor consumo energético, menor será el tamaño óptimo de la instalación y por tanto, menor será la inversión que habrá que realizar. Actualmente se está impulsando la eficiencia energética, lo que ayuda a reducir los consumos de energía.
- b) Producción energética. Cuanto mayor sea la producción energética, menor será el tamaño óptimo de la misma, lo que producirá los mismos efectos que el apartado anterior.
- c) Precio de la energía. Cuanto mayor sea el precio de la energía consumida de la red de distribución, €/kWh, mayor será la rentabilidad del Generador Fotovoltaico y antes se amortizará la inversión realizada.
- d) Impuestos, peajes de acceso y otros conceptos. Es un parámetro muy importante ya que si se impone algún tipo de impuesto o peaje, la rentabilidad disminuye, llegando incluso a que un Generador Fotovoltaico sea inviable económicamente.

Este trabajo se centra en Andalucía, por lo que actualmente, y según el Real Decreto 900/2015 de 9 de octubre, lo más parecido al balance neto que existe en esta Comunidad Autónoma es el autoconsumo tipo 2. Como ya se ha visto, en este caso se permite el consumo de la energía generada por un Generador Fotovoltaico y además se permite la venta de la energía excedente. El problema que existe actualmente es que este mismo Real Decreto obliga a pagar un peaje de acceso por cada kWh que se inyecte en la red de distribución. Además, este tipo de autoconsumo solo se permite para Generadores Fotovoltaicos cuyo tamaño esté comprendido entre los 10 kW y los 100 kW, por lo que no estaría permitido en viviendas o los consumidores objeto de estudio de este trabajo.

2.5. Legislación y situación actual en España

En España actualmente el autoconsumo de energías renovables está sujeto al *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. Cabe destacar que el día 2 de junio de 2017, el Tribunal Constitucional declaró nulo el artículo 3 de este Real Decreto que establecía que *“En ningún caso un generador se podrá conectar a la red interior de varios consumidores”*.

A continuación se resumen este Real Decreto que regula el autoconsumo y la producción de energías renovables.

1. ámbito de aplicación

“Lo dispuesto en este real decreto resulta de aplicación a las instalaciones conectadas en el interior de una red, aun cuando no viertan energía a las redes de transporte y distribución en ningún instante, acogidas cualquier de las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica”. Este Real Decreto es aplicable también a instalaciones que cuenten con dispositivos que eviten el vertido de energía a la red de distribución.

“Se exceptúa de la aplicación del presente real decreto a las instalaciones aisladas y los grupos de generación utilizados exclusivamente en caso de una interrupción de alimentación de energía eléctrica de la red eléctrica de acuerdo con las definiciones del artículo 100 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre”.

2. Clasificación de las instalaciones

Tal y como se ha desarrollado en el punto *“2.1. Autoconsumo Fotovoltaico”*, existen dos tipos de autoconsumo:

- **Autoconsumo tipo 1:** instalaciones cuya potencia es menor de 100 kW y en las que no se permite el vertido de energía excedente a la red de distribución eléctrica.

El consumidor es el mismo que el titular de la instalación de generación por lo que no está permitida la venta de energía. Para legalizar una instalación de este tipo es necesario que el titular de la instalación de consumo solicite un punto de conexión a la compañía de distribución de energía.

La suma de las potencias de los generadores será siempre inferior a la potencia contratada.

Es obligatorio contar con un contador homologado por la compañía de distribución que registre la energía generada.

El excedente de energía que se vertiera a la red de distribución no será compensado de ningún modo.

- **Autoconsumo tipo 2:** instalaciones cuya potencia es inferior a los 100 kW y en las que está permitido el vertido de energía a la red de distribución eléctrica.

En este caso existen dos sujetos, el consumidor y el productor de energía. A diferencia del caso anterior, la instalación tiene que darse de alta como productora de energía.

La suma de las potencias de los generadores será siempre inferior a la potencia contratada.

Al igual que en el autoconsumo tipo 1, se tiene que solicitar un punto de conexión a la compañía de distribución de electricidad para legalizar la instalación.

Se podrá vender el excedente de energía al precio que marque el mercado en ese momento. Además se ha de pagar un peaje de acceso por cada kWh que se vierta a la red.

En los dos tipos de autoconsumo se establece que *“podrán instalarse elementos de acumulación en las instalaciones de autoconsumo reguladas en este real decreto, cuando dispongan de las protecciones establecidas en la normativa de seguridad y calidad industrial que les aplique y se encuentren instaladas de tal forma que compartan equipo de medida que registre la generación neta o equipo de medida que registre la energía horaria consumida”*. Además, actualmente está permitido que un generador se pueda conectar a la red interior de varios consumidores

3. Cargos y peajes de acceso

El autoconsumo fotovoltaico exige el pago de una serie de cargos que la compañía distribuidora repercute a la compañía comercializadora y ésta última es la encargada de incluirlos en la factura de los clientes acogidos al autoconsumo.

Los cargos que se tienen que abonar son los siguientes:

Cargos fijos: es un cargo referido a la potencia contratada en la instalación de consumo. La aplicación de dichos costes depende del sistema del que se disponga.

Cargos variables: Se aplican sobre la energía horaria que autoconsume el cliente generada por su instalación.

Actualmente estos cargos no se aplican en todos los casos sino que existen una serie de excepciones al pago de estos cargos resumidas a continuación.

Los autoconsumidores en baja tensión y potencia $\leq$ a 10kW, están exentos del pago de los cargos variables y de los cargos fijos, siempre que no tengan sistema de acumulación, así como del pago de los estudios de acceso y conexión, y de los derechos de acometida de generación, si se acredita tener un dispositivo que impida el vertido a la red.

2.6. Legislación y situación actual en otros países

Actualmente existen en el mundo diferentes formas de regular y controlar el autoconsumo de energía. A continuación se hace un resumen de la normativa vigente en algunos países.

2.6.1. Políticas de autoconsumo en Europa

A día de hoy existe en todo el territorio europeo la *Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE*. En todos los países de la Unión Europea se ha llevado a cabo un proceso de transposición de esta Directiva, por lo que en el fondo, todos los países deberían tener los mismos objetivos de cara al 2020. A continuación se recoge la situación actual y el marco regulatorio y normativo de algunos países europeos.

Alemania

En Alemania la normativa actual existente es la conocida como EEG, Ley de Energías Renovables por la que se regulan la conexión prioritaria de centrales de generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables y metano (grisú) a las redes de suministro eléctrico general en Alemania (acceso prioritario a las redes de electricidad), la adquisición, el transporte y la retribución prioritarios de dicha electricidad por parte de los operadores (gestores) de redes y la compensación de la energía eléctrica consumida y retribuida en todo el territorio federal.

Según esta Ley “*los operadores de redes están obligados a retribuir la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables con arreglo a lo dispuesto en los*

Artículos 6 a 12”. Dado que este trabajo se centra en la Energía Solar Fotovoltaica, solo se analizará la retribución recibida para este tipo de energía, que se recoge en la *tabla 1*.

Tipo de instalación	Retribución
Superficies libres	0,457 €/kWh
Tejados - hasta 30 kW	0,574 €/kWh
Tejados - hasta 100 kW	0,546 €/kWh
Tejados - más de 100 kW	0,540 €/kWh
Fachadas - hasta 30 kW	0,624 €/kWh
Fachadas - hasta 100 kW	0,596 €/kWh
Fachadas - más de 100 kW	0,590 €/kWh

Tabla 1. Retribución a la Energía Solar Fotovoltaica en Alemania

Fuente: EEG – Ley de Energías Renovables de Alemania [9].

Tal y como se puede apreciar a partir de la *tabla 1*, en Alemania existe un marco regulatorio que fomenta la instalación de Generadores Fotovoltaicos, ya sea en un tejado de una vivienda o bien integrándolo arquitectónicamente. A diferencia de la normativa española, la compañía suministradora está obligada a comprar la energía excedente.

Francia

En Francia, la normativa actual existente es la Ley de Transición Energética francesa para el crecimiento verde, LTE, de agosto de 2015. Según recoge esta Ley, la electricidad proveniente de fuentes renovables se subvención actualmente con el sistema feed-in-tariff. Este es un sistema retributivo por el cual la energía que se inyecta a la red de distribución eléctrica se remunera mediante un precio fijado de antemano, típicamente el más alto del mercado. El coste de este incentivo viene dado por la diferencia entre el precio fijado y el precio de mercado; de este modo se puede conseguir la rentabilidad de la inversión realizada.

Según el artículo “*Repaso de los precios y estado de la energía en Europa en el 2016*” de Ipson, el precio medio de compra de la energía en Francia en lo que ha transcurrido del año 2017 es de 0,031 €/kWh. Adicionalmente, la Ley establece que el incentivo será de 0,050 €/kWh vendido a la compañía de distribución, siempre y cuando se autoconsuma más del 50% de la energía generada por la instalación.

La retribución actual se recoge en la *tabla 2*.

Tipo de instalación	Retribución
Instalaciones entre 100 kW y 500 kW	0,081 €/kWh

Tabla 2. Retribución de la Energía Solar Fotovoltaica en Francia

Fuente: “Francia pone en marcha un plan para fomentar el autoconsumo fotovoltaico” *Diario Renovables*” y “Repaso de los precios y estado de la energía en Europa en el 2016” de Ipson [10].

Dinamarca

La regulación sobre el autoconsumo y el balance neto en Dinamarca empezó en 2001, sin embargo, no fue hasta 2010 cuando se reguló el balance neto doméstico y se designó al *Energinet.dk* como autoridad responsable del buen funcionamiento del sistema. La última novedad en la regulación danesa ha supuesto la inclusión del resto de las tecnologías renovables en el autoconsumo, exceptuando a la geotérmica.

El modelo de desarrollo del autoconsumo en Dinamarca ha tenido unas consecuencias muy negativas para la recaudación de tasas e impuestos del país. El precio de la electricidad para un consumidor doméstico en Dinamarca fue el mayor de Europa en 2011, siendo la tasas e impuestos un 56% de la factura final. Sin embargo, debido a la gran acogida del autoconsumo en el país, Dinamarca ha dejado de ingresar 270 M€ anualmente en concepto de tasas e impuestos. Además de la disminución de la recaudación de impuestos vía factura eléctrica, existen también exenciones fiscales por la instalación de generadores fotovoltaicos, lo que minimiza el neto de este efecto en el momento de la inversión.

En este caso y dado el descontrol en la instalación de paneles fotovoltaicos, el cual a finales del año 2012 ya superaba el objetivo marcado por el gobierno para 2020, se alcanzó un acuerdo político por el que se acordó un nuevo esquema de balance neto para las nuevas instalaciones donde se veían reducidos los incentivos que fomentaban la instalación de dispositivos para generación de energía eléctrica para autoconsumo.

Esta experiencia internacional en regulación del autoconsumo por balance neto sugiere la necesidad de establecer una regulación que favorezca el autoconsumo pero siempre que se cuide la recaudación fiscal del sistema y no suponga una minoración en los ingresos del sistema [11].

Suecia

El balance neto se ha estudiado e investigado en Suecia desde 2007, sin embargo, las últimas investigaciones en lugar del balance neto, proponen un sistema de créditos fiscales, desde principios de 2015, por los excesos producidos por los pequeños productores.

El sistema implantado en Suecia se basa en una tarifa de suministro (FIT) en función de la electricidad fotovoltaica vertida a la red, que se compensa a los productores a final de año como una reducción de impuestos. Esta compensación de reducción de impuesto se aplica tanto a consumidores individuales como a empresas cuya instalación fotovoltaica cumpla una serie de requisitos. La máxima cantidad remunerada por inyección a la red es de 30.000 kWh.

También está permitida la venta de los excesos de electricidad generada a empresas de servicios públicos, las cuales han ofrecido diferentes esquemas de compensación, lo que la hace otra opción interesante [12].

Italia

En Italia está permitido el autoconsumo de energía y no existe un límite en el tamaño máximo de los generadores. Para sistemas de hasta 200 kW, e incluso 500 kW para los generadores instalados a partir de 2015, Italia implementó desde 2009 un mecanismo que combina la compensación económica y el crédito del exceso de producción, o balance neto, llamado en Italia “Scambio sul posto” (SSP). Tras acabar con la ley del FIT, el Net Billing, o facturación neta (cuya principal función es otorgar el derecho a los clientes de las distribuidoras a generar su propia energía, autoconsumirla e inyectar sus excedentes a la red) es el único esquema permitido. A partir de los 500 kW se emplea un esquema de autoconsumo puro.

La electricidad vertida a la red es remunerada a través de una “cuota energética” basada en el precio de la electricidad en el mercado y en una “cuota de servicio” que depende de los costes de mantenimiento de la red. Los costes de la red relacionados con el autoconsumo eléctrico son compensados por todas las plantas sujetas al esquema SSP; para

sistemas mayores a 20 kW, se añade una tarifa a la factura para compensar parcialmente dichos costes.

La nueva normativa ha introducido el llamado “Sistema Efficiente di Utenza” (SEU), un sistema en el que una o más plantas de producción de energía dirigidas por un solo productor son conectadas a través de una línea privada a un consumidor final localizado en el mismo lugar [12].

Reino Unido

El autoconsumo para sistemas fotovoltaicos de potencia inferior a 30 kW se está promoviendo en Reino Unido a través de una tarifa de generación y una tarifa de exportación, aplicable a la electricidad vertida a la red. Con este sistema la tarifa de generación es aplicable a toda la electricidad autoconsumida mediante el sistema fotovoltaico instalado por el usuario.

Por otro lado, la electricidad exportada a la red se remunera al usuario mediante una tarifa de exportación de aproximadamente 0,055 €/kWh.

Dado que la cantidad total que los consumidores reciben por la energía exportada a la red es menor que los ingresos/ahorros conseguidos con el autoconsumo, se puede considerar que el esquema que presenta Italia es un incentivo indirecto para fomentar el autoconsumo. En octubre de 2015, el gobierno de Reino Unido anunció un cambio en su esquema de autoconsumo con una importante reducción de la tarifa de generación [12].

2.6.2. Políticas de autoconsumo en América

En este apartado se recoge la normativa actual de algunos países de América.

Mexico:

La regulación mexicana contempla desde marzo de 2010 la posibilidad de autogenerar energía eléctrica con la posibilidad de hacer balance neto a través tanto de energías renovables como cogeneración.

Si se autogenera más de lo que se autoconsume, se generará un crédito a favor del autogenerador que se conservará en un banco de energía, clasificándose en el periodo horario

y mes en el que el crédito fue generado, y que deberá ser compensado en los 12 meses siguientes (si no el crédito se cancelará). Si por el contrario, se autogenera menos de lo que se autoconsume, se realizarán las compensaciones que sean posibles siempre que exista energía en el banco (en caso contrario, tendrá que comprar la energía como si de un consumidor convencional se tratara) [11].

Chile:

En 2014 entró en vigor la Ley 20.571 para Generación Distribuida, que regulaba el net-billing o facturación neta, para sistemas de hasta 100 kW de potencia.

Los excedentes fotovoltaicos generados por el usuario se valoran en una tasa económica, menor que el precio de la electricidad al por menor, y podrá ser consumida a posteriori, con la ya mencionada rebaja. Si la primera opción no es posible, el autoconsumidor recibe en unidades monetarias el valor de dichos excedentes por parte de las compañías eléctricas [12].

Estados unidos:

A pesar de que el actual presidente de Estados Unidos se posiciona en contra de las energías renovables, actualmente no se han tomado medidas que afecten al autoconsumo. Estados Unidos se caracteriza por incluir en su normativa varias políticas de regulación de autoconsumo.

En los últimos años ha habido un significativo desarrollo de la generación solar distribuida en Estados Unidos, principalmente en California. Este desarrollo se ha visto favorecido por un marco regulatorio atractivo, que establece políticas de balance neto en más de 43 Estados.

El desarrollo de la generación distribuida, por encima de los niveles previstos, está provocando un incremento significativo de las subvenciones cruzadas recibidas por los autoconsumidores, por lo que varios Estados se han planteado ajustes en la normativa de autoconsumo. Por ejemplo algunos de los Estados con mayor desarrollo de la generación solar han anunciado que limitarán la aplicación de políticas de balance neto con el objetivo de eliminar los subsidios cruzados existentes.

Por otro lado, un menor número de Estados siguen un modelo con subvenciones directas y tarifa de suministro (FIT) [12].

2.6.3. Políticas de autoconsumo en Asia

En este apartado se recoge la normativa actual de algunos países de Asia.

China:

China está creciendo constantemente y a pesar de que es un gran consumidor de carbón, está trabajando por la transición hacia las energías renovables. Los incentivos al autoconsumo han existido desde 2012, sin embargo éstos fueron revisados a finales de 2014 con el fin de impulsar el desarrollo de la energía fotovoltaica distribuida en el País.

La electricidad autoconsumida recibe a día de hoy un bono de 0,06 €/kWh por encima del precio de venta al por menor. Los usuarios propietarios de un generador fotovoltaico pueden elegir entre la política del FIT u optar por el bono por autoconsumo.

Este esquema de autoconsumo ha provocado que tanto el precio de la energía autoconsumida como la remuneración por verter los excedentes a la red sea menor que el precio de la electricidad en el mercado minorista y por tanto se dificulta el ahorro por autoconsumo.

Ya en 2014 las regulaciones simplificaron el desarrollo de la energía fotovoltaica distribuida, mediante registros más sencillos, conexión a la red y procedimientos de financiación, sin embargo el mercado fotovoltaico en China las instalaciones de autoconsumo no se han desarrollado demasiado [12].

Japón:

Las políticas relacionadas con la energía fotovoltaica en Japón han sufrido grandes cambios en los últimos años como por ejemplo la eliminación de las ayudas directas en 2005. En cuanto al autoconsumo, los excedentes producidos pasaban a formar parte de la compañía distribuidora sin ninguna compensación al usuario productor, propiciando una importante bajada del mercado de la energía solar fotovoltaica.

A partir de 2009 se estableció una tarifa para los excedentes aumentando la importancia del mercado fotovoltaico. Además debido a desastre nuclear de Fukushima se produjo un cambio estratégico por un cambio desde la energía nuclear a otras energías menos peligrosas, como lo es la energía solar fotovoltaica.

Actualmente para instalaciones de potencia inferior a 10 kW, a los usuarios se les permite autoconsumir parte de su generación fotovoltaica in situ y recibir unas tarifas por exportar los excesos a la red por medio del programa FIT pagado durante 10 años. Por lo tanto se puede suponer que el autoconsumo no es el motor principal del mercado fotovoltaico en Japón. Una cuestión interesante es que si se utilizan pilas de combustible, sistemas de almacenamiento o cogeneración en conjunción con el sistema fotovoltaico, la tarifa de suministro, FIT, tendrá un nivel menor.

Para los sistemas de más de 10 kW se deja al usuario elegir entre verter todo lo generado a la red con el fin de recibir una tarifa por suministro durante 20 años, o autoconsumir como con el esquema anterior descrito. Los precios pagados al usuario por la exportación de la electricidad pueden ser negociados [12].

2.6.4. Tabla comparativa del autoconsumo en Europa

Para ver de forma más resumida la situación actual de la normativa que regula el autoconsumo en Europa, en las *tablas 3 y 4* se recogen las características más importantes.

	España	Alemania	Francia	Dinamarca
Autoconsumo Fotovoltaico				
1. Autoconsumo permitido	Si	Si	Si	Si
2. Ingresos por autoconsumo	No	Ahorro en factura	Ahorro en factura	Incentivos
3. Peajes por generación	Si	No	No	No
Excedentes				
4. Ingresos por excedentes	Si (más de 10 kW)	FIT o FIP	FIT	Si

Tabla 3. Situación del autoconsumo en Europa I

	Suecia	Italia	Reino Unido
Autoconsumo Fotovoltaico			
1. Autoconsumo permitido	Si	Si	Si
2. Ingresos por autoconsumo	Ahorro en factura	Ahorro en factura	Ahorro en factura
3. Peajes por generación	No	Si (más de 20 kW)	No
Excedentes			
4. Ingresos por excedentes	Ofertas servicios públicos / precio de mercado	SSP o net-billing	Tarifa de generación + tarifa de exportación

Tabla 4. Situación del autoconsumo en Europa II

2.6.5. Tabla comparativa del autoconsumo en el resto del mundo

Para ver de forma más resumida la situación actual de la normativa que regula el autoconsumo en Asia y Estados Unidos, en las *tablas 5 y 6* se recogen las características más importantes.

	México	Chile	Estados Unidos
Autoconsumo Fotovoltaico			
1. Autoconsumo permitido	Si	Si	Si
2. Ingresos por autoconsumo	No	Pago por parte de compañía	Pago por parte de compañía
3. Peajes por generación	No	No	En algunos Estados
Excedentes			
4. Ingresos por excedentes	Ingreso por vertido a red	Precio de compra de las distribuidoras	Precio de comercializadoras (balance neto)

Tabla 5. Situación del autoconsumo en América

	China	Japón
Autoconsumo Fotovoltaico		
1. Autoconsumo permitido	Si	Si
2. Ingresos por autoconsumo	No	Pago por parte de compañía
3. Peajes por generación	No	No
Excedentes		
4. Ingresos por excedentes	Precio al por menor + bonos	FIT

Tabla 6. Situación del autoconsumo en Asia

3. Estudio del perfil de consumo de una vivienda

Como ya se ha visto anteriormente, a día de hoy se tiene una alta dependencia energética; en el caso del sector residencial, el 43% del consumo energético corresponde a la calefacción, el 26,9% a los electrodomésticos, el 17,9% al ACS, el 7,7% a la cocina, el 4,9% a la iluminación y en torno al 1% al aire acondicionado.

Según el Instituto Nacional de Estadística, el consumo medio de una vivienda viene determinado por el número de personas que ocupan la misma. La *tabla 7* recoge los consumos de electricidad medios anuales según el número de habitantes en el año 2015.

Número de Personas en la vivienda	Consumo de electricidad medio	Facturación sin IVA
1	1050 kWh	553,72 €
2	2100 kWh	730,47 €
3	2800 kWh	851,04 €
4	3300 kWh	938,36 €
5	3900 kWh	1042,31 €

Tabla 7. Consumo de energía medio de una vivienda española según el número de habitantes

Fuente: elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística

Los equipos de calefacción, los electrodomésticos y los equipos de ACS representan los mayores consumidores de energía en una vivienda. En el caso de los electrodomésticos utilizan energía eléctrica para su funcionamiento; en cuanto a los equipos de ACS y calefacción pueden utilizar energía eléctrica, combustibles no renovables o renovables. En la *tabla 8* se recogen los diferentes sistemas existentes en una vivienda para cubrir las demandas de ACS y calefacción.

Con respecto a estos consumos, los más interesantes en este estudio son los que utilizan electricidad, ya que parte de esta demanda puede cubrirse con un sistema generador de energía solar fotovoltaica.

Equipo	Sistema	Combustible
ACS	Termo eléctrico	Electricidad
	Calentador de Gas	Combustible fósil (Butano)
	Equipo Solar Térmico	Energía Renovable (Energía Solar)
Calefacción	Acumulador eléctrico	Electricidad
	Caldera	Combustible fósil (Gasoil/Gas)
	Caldera de Biomasa	Biomasa (Hueso/Pellets)

Tabla 8. Sistemas de ACS y calefacción de una vivienda española

Fuente: elaboración propia

Para la realización de este estudio, se han obtenido los perfiles de consumo diarios medios mensuales de una serie de viviendas. Para poder dar explicación y justificar los resultados obtenidos, así como el comportamiento de cada perfil de consumo, se han obtenido todos los datos posibles de las viviendas estudiadas tales como los electrodomésticos que componen cada vivienda, los sistemas de ACS con los que cuentan así como sus equipos de calefacción. Debido a alguno de los aspectos a tratar en este estudio, la Vivienda #4 se estudiará en más detalle para poder evaluar la influencia de cargas cuyo consumo es elevado, como la lavadora, el lavavajillas y la secadora, en los índices de autoconsumo y autosuficiencia.

3.1. Obtención de datos de consumo de viviendas

La obtención de los datos necesarios para la realización de este estudio se divide en dos puntos: obtención de perfiles de consumo diarios medios mensuales y obtención de perfiles de consumo de grandes cargas de una vivienda.

3.1.1. Obtención de perfiles de consumo diarios medios mensuales

Este estudio se basa en estudiar el consumo de energía eléctrica de una vivienda y la cobertura de parte de su demanda con energía solar fotovoltaica. Por este motivo, la obtención de perfiles reales de consumo de viviendas es fundamental en este estudio, y cuanto mayor sea el número de perfiles de consumo obtenidos, mejores serán las conclusiones que se podrán obtener de este estudio.

En primer lugar, para cada vivienda se han obtenido los perfiles de consumo diarios de un año completo a través de la web de la compañía eléctrica (ENDESA e IBERDROLA).

Una vez obtenidos estos datos, se han calculado los consumos diarios medios mensuales calculando el consumo medio para cada hora a lo largo de cada mes. De este modo se tienen los datos que se introducirán en el programa Excel desarrollado en este trabajo, que utiliza valores diarios medios mensuales aunque no difieren mucho con respecto a utilizar los valores reales.

En los casos de las viviendas cuyos perfiles de consumo se han obtenido de la compañía ENDESA, no se han podido obtener los perfiles de consumo del mes de noviembre debido a problemas de la compañía, por lo que estos datos se han estimado mediante el cálculo de la media ponderada de los valores de consumo de los meses de octubre y diciembre.

3.1.2. Obtención de perfiles de consumo de grandes cargas de una vivienda

Uno de los puntos que se analizarán en este estudio es la influencia de la gestión de cargas en el índice de autosuficiencia. Este estudio se ha realizado sobre la vivienda #4; para ello se han obtenido los perfiles de consumo de las grandes cargas existentes en esta vivienda tales como la lavadora, la secadora y el lavavajillas.

Para obtener los perfiles de consumo se ha utilizado el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110. Este dispositivo se instala entre la carga y la red y monitoriza el consumo instantáneo de energía. Se ha obtenido tanto el consumo de energía horario (para una primera aproximación) y el consumo de energía en minutos para realizar un estudio más preciso, junto a perfiles de consumo e irradiación de un día medidos al minuto.

Los perfiles de consumo de los diferentes electrodomésticos de la vivienda obtenidos se recogen en el punto *“7.1.1. Perfil de consumo de electrodomésticos habitualmente utilizados en viviendas”*.

3.2. Caracterización general de consumo de las viviendas utilizadas en el estudio

3.2.1. Caracterización de la Vivienda #1

Esta vivienda se encuentra en Jaén, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 9*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	<i>1.951 kWh</i>	
Superficie	<i>130 m²</i>	
Número de habitantes	Adultos	<i>3</i>
	Niños	<i>1</i>
Termo de ACS eléctrico	<i>Si</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Caldera de gasoil</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Si</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>Si</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>Si</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>Si</i>	
Otros	<i>-</i>	

Tabla 9. Datos generales de la Vivienda #1

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 3.300 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 1.951 kWh, lo que supone un consumo del orden del 41% menor al de la media nacional. En las *ilustraciones 11 y 12* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #1, respectivamente.

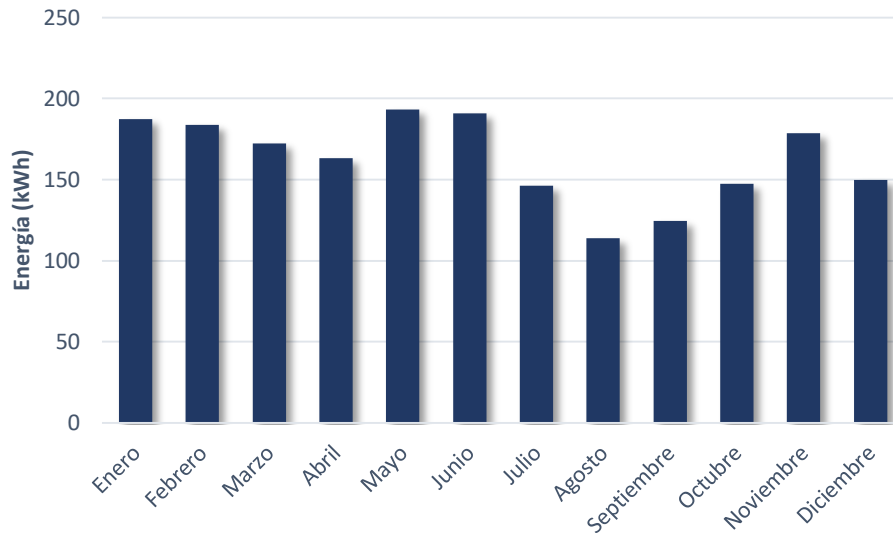


Ilustración 11. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #1 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

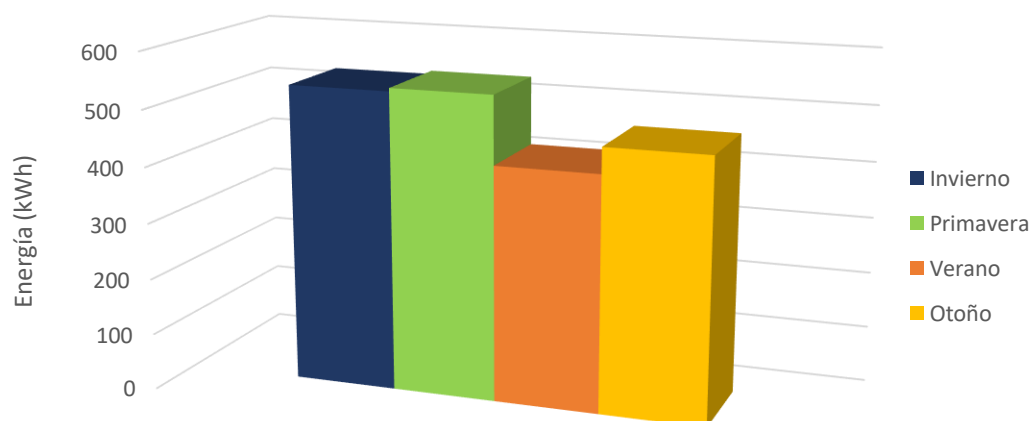


Ilustración 12. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #1 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda es muy similar a lo largo de todo el año, aunque en los meses de verano el consumo es ligeramente menor que en el resto del año. El valor mínimo de consumo se alcanza en el mes de agosto, mientras que los valores máximos se encuentran en los meses de mayo y junio.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las *ilustraciones 13 y 14*.

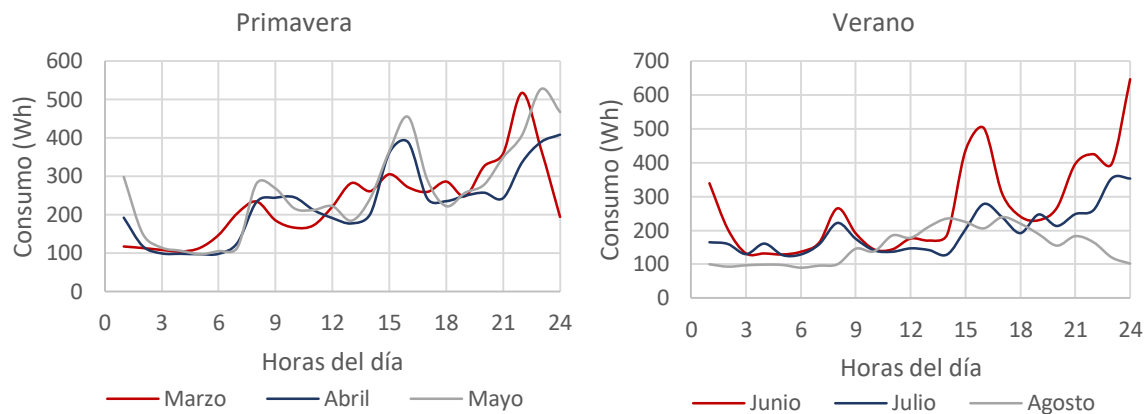


Ilustración 13. Perfiles de consumo de la Vivienda #1 en los meses de Primavera y Verano

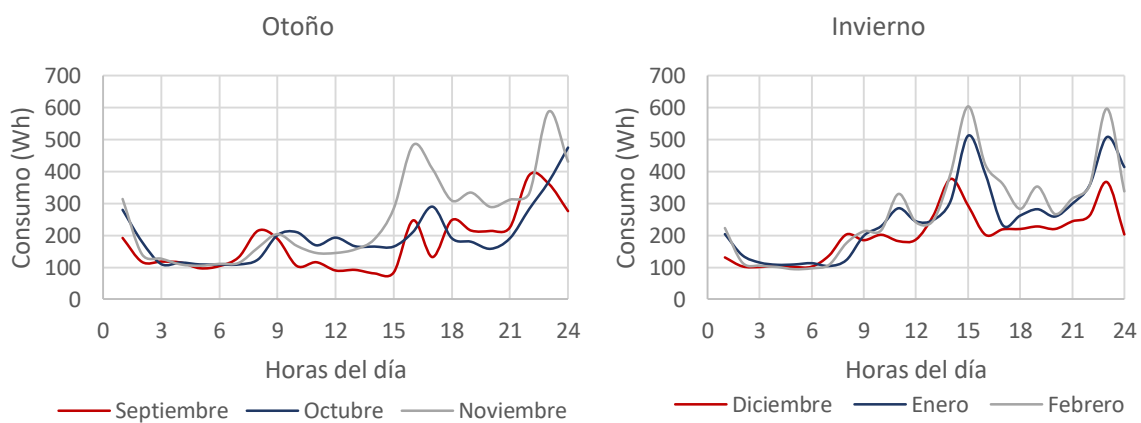


Ilustración 14. Perfiles de consumo de la Vivienda #1 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.2. Caracterización de la Vivienda #2

Esta vivienda se encuentra en Jaén, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 10*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	5.216 kWh	
Superficie	90 m ²	
Número de habitantes	Adultos	3
	Niños	1
Termo de ACS eléctrico	<i>Si</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Bomba frío/calor (verano) Calefacción centralizada (invierno)</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Algunos miembros</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>Si</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>No</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>No</i>	
Otros	<i>-</i>	

Tabla 10. Datos generales de la Vivienda #2

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 3.300 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 5.216kWh, lo que supone un consumo del orden del 37% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 15 y 16* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #2, respectivamente.

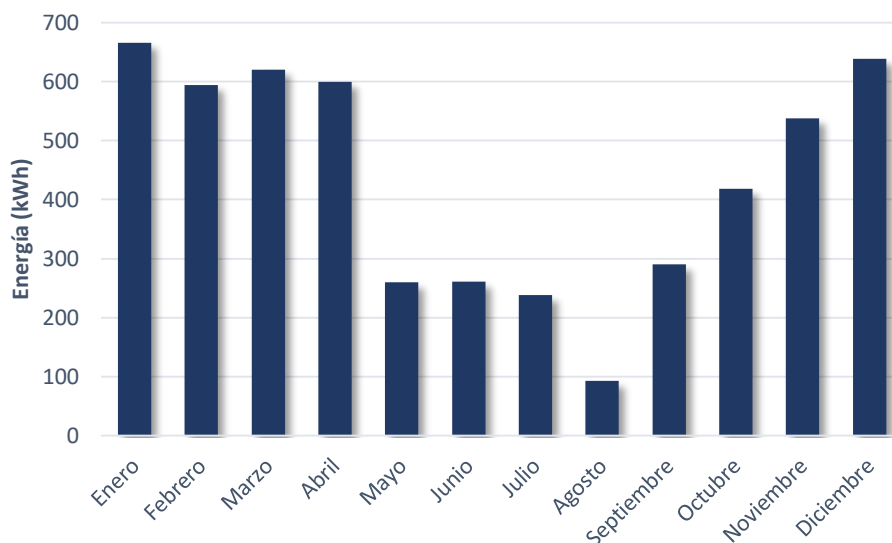


Ilustración 15. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #2 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

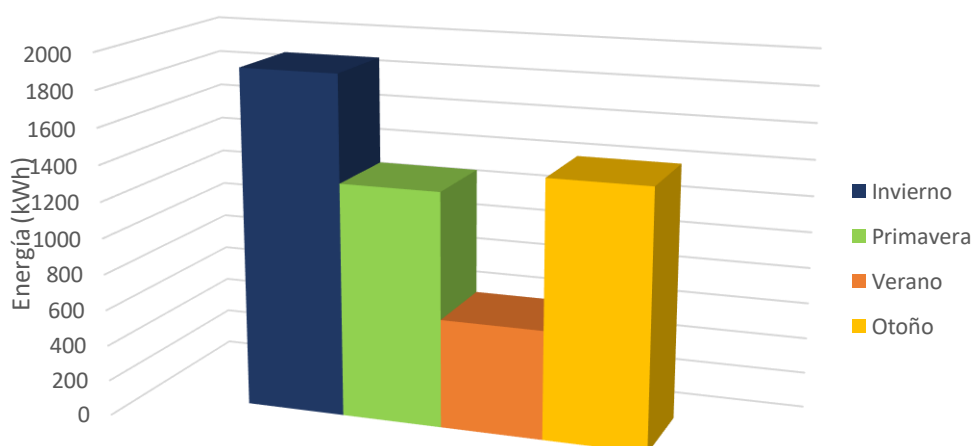


Ilustración 16. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #2 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda en invierno es muy elevado con respecto a los meses de verano, donde se produce el menor consumo. El valor mínimo de consumo se alcanza en el mes de agosto, mientras que los valores máximos se encuentran en los meses de enero y febrero; estos consumos en los meses de invierno se deben a la utilización de la bomba de calor.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las ilustraciones 17 y 18.

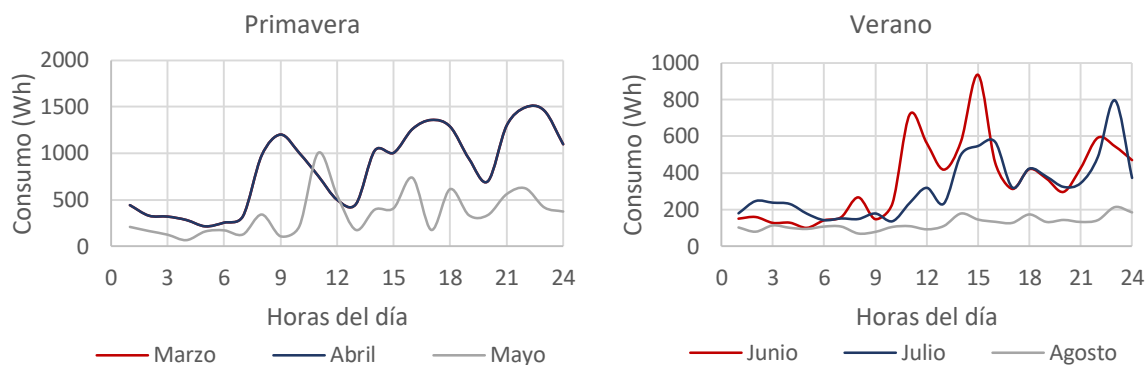


Ilustración 17. Perfil de consumo de la Vivienda #2 en los meses de Primavera y Verano

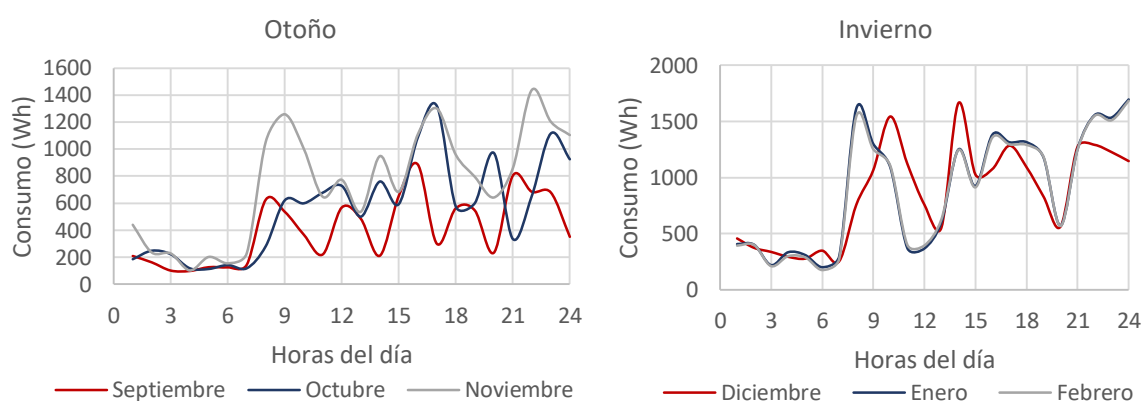


Ilustración 18. Perfil de consumo de la Vivienda #2 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.3. Caracterización de la Vivienda #3

Esta vivienda se encuentra en Córdoba, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 11*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Piso</i>	
Consumo de energía anual	<i>5.581 kWh</i>	
Superficie	<i>95 m²</i>	
Número de habitantes	Adultos	<i>2</i>
	Niños	<i>2</i>
Termo de ACS eléctrico	<i>Si</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Bomba frío/calor (verano) Calefacción centralizada (invierno)</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Algunos miembros</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>Si</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>No</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>No</i>	
Otros	<i>-</i>	

Tabla 11. Datos generales de la Vivienda #3

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 3.300 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 5.581 kWh, lo que supone un consumo del orden del 41% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 19 y 20* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #3, respectivamente.

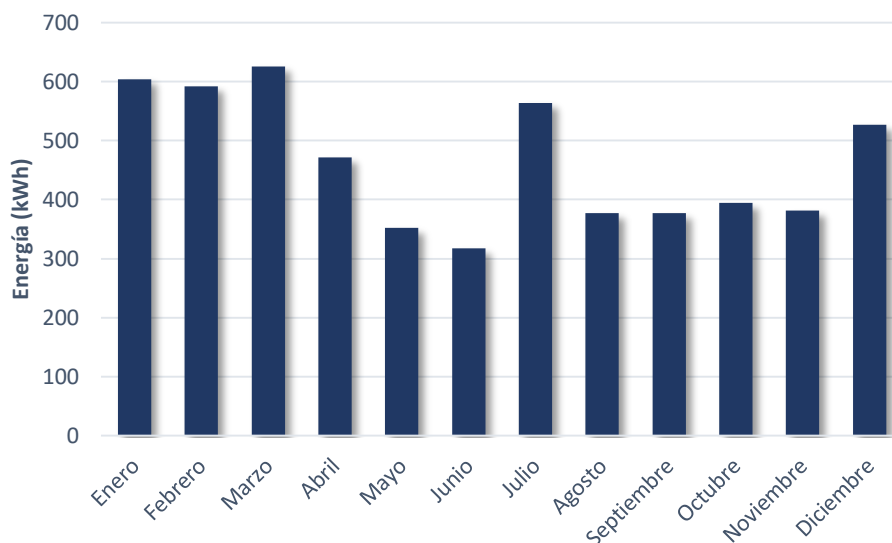


Ilustración 19. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #3 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

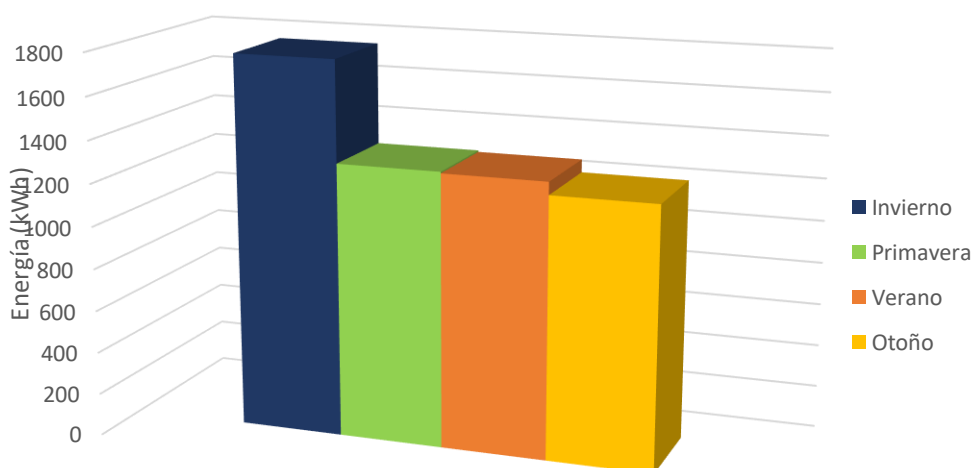


Ilustración 20. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #3 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda en invierno es muy elevado con respecto al resto del año. El valor mínimo de consumo se alcanza en el mes de junio, mientras que el valor máximo se encuentra en el mes de marzo; estos consumos en los meses de invierno se deben a la utilización de la bomba de calor y la calefacción centralizada.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las ilustraciones 21 y 22.

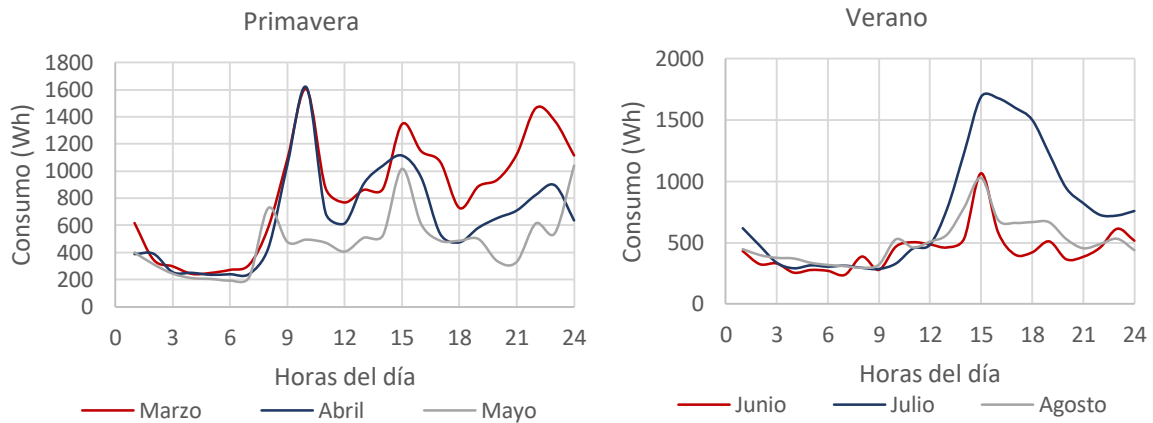


Ilustración 21. Perfil de consumo de la Vivienda #3 en los meses de Primavera y Verano

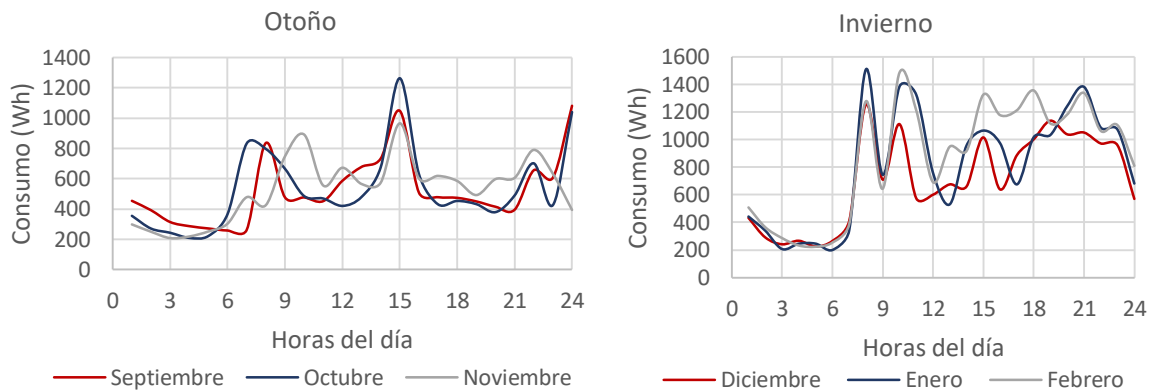


Ilustración 22. Perfiles de consumo de la Vivienda #3 en los meses de Otoño e Invierno

Esta vivienda presenta un consumo total similar al de la Vivienda #2. Los perfiles de consumo presentan ciertas similitudes en algunos meses por lo que esto permite ahondar en la idea de que existe una gran diversidad en cuanto a los perfiles de consumo. Con respecto a esto sería interesante profundizar en este aspecto analizando un mayor número de viviendas.

3.2.4. Caracterización de la Vivienda #4

Esta vivienda se encuentra en Villacarrillo, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 12*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	<i>5.195 kWh</i>	
Superficie	<i>120 m²</i>	
Número de habitantes	Adultos	<i>3</i>
	Niños	<i>0</i>
Termo ACS eléctrico	<i>No</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Caldera de gasoil</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Si</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>Si</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>Si</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>Si</i>	
Otros	<i>-</i>	

Tabla 12. Datos generales de la Vivienda #4

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 3 habitantes, el consumo medio nacional es de 2.800 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 5.195 kWh, lo que supone un consumo del orden del 46% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 23 y 24* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #4, respectivamente.

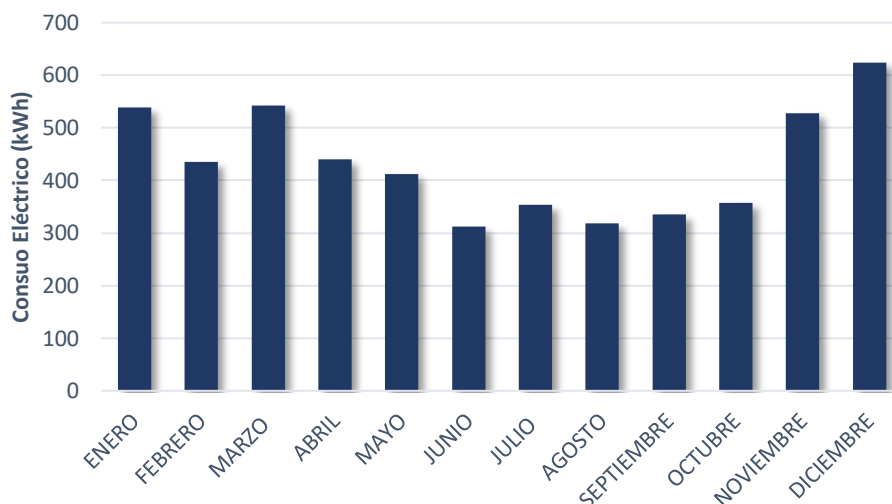


Ilustración 23. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #4 a lo largo de un año

Fuente: elaboración propia

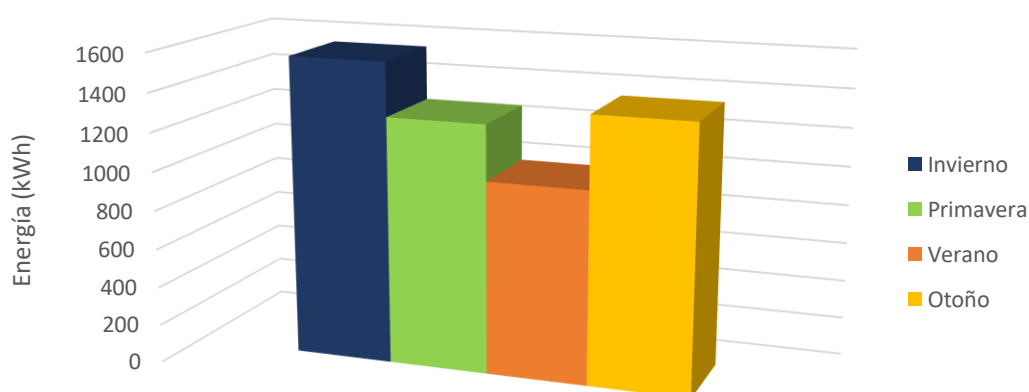


Ilustración 24. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #4 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda en los meses de verano es menor que en los meses de invierno ya que en la época invernal esta vivienda hace uso de equipos auxiliares de calefacción eléctricos así como de la secadora que, como se verá más adelante, tiene un gran consumo. Durante los meses de verano el consumo de la vivienda disminuye, llegando en el caso de junio a reducirse el consumo de esta un 50% con respecto al mes de diciembre.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medios mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las ilustraciones 25 y 26.

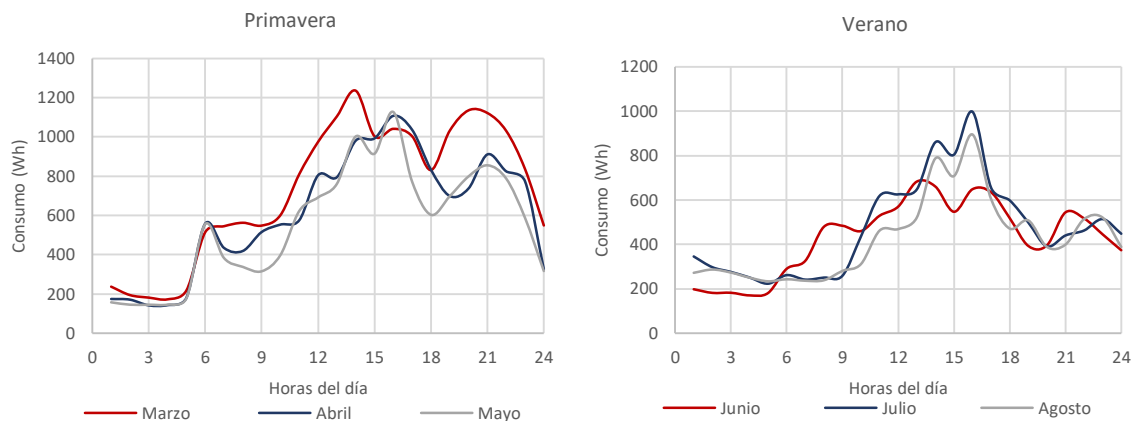


Ilustración 25. Perfiles de consumo de la Vivienda #4 en los meses de Primavera y Verano

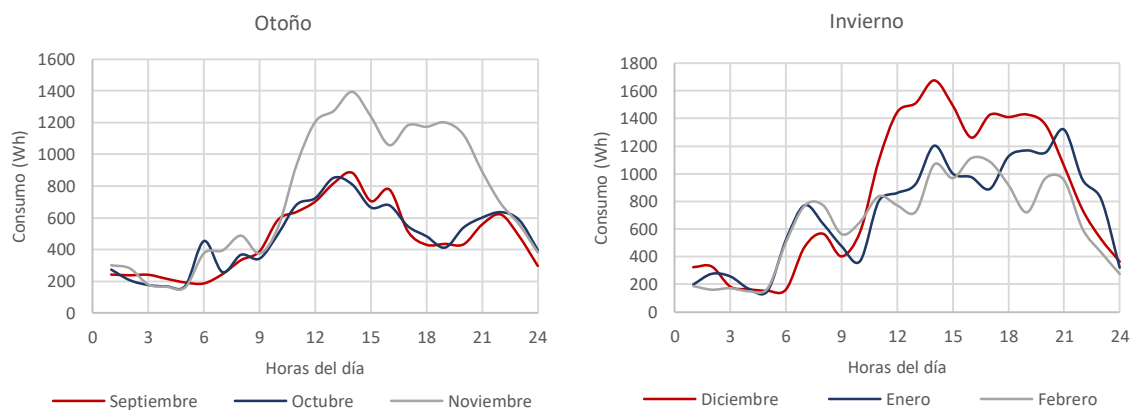


Ilustración 26. Perfiles de consumo de la Vivienda #4 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.5. Caracterización de la Vivienda #5

Esta vivienda se encuentra en Jaén, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 13*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Piso</i>	
Consumo de energía anual	5.682 kWh	
Superficie	117 m ²	
Número de habitantes	Adultos	2
	Niños	0
Termo ACS eléctrico	No	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	Caldera de leña	
Almuerzo en casa (Si/No)	Si	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	Si	
Lavadora (si/no)	Si	
Secadora (si/no)	No	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	Si	
Otros	-	

Tabla 13. Datos generales de la Vivienda #5

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 2.100 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 5.682 kWh, lo que supone un consumo del orden del 63% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 27 y 28* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #5, respectivamente.

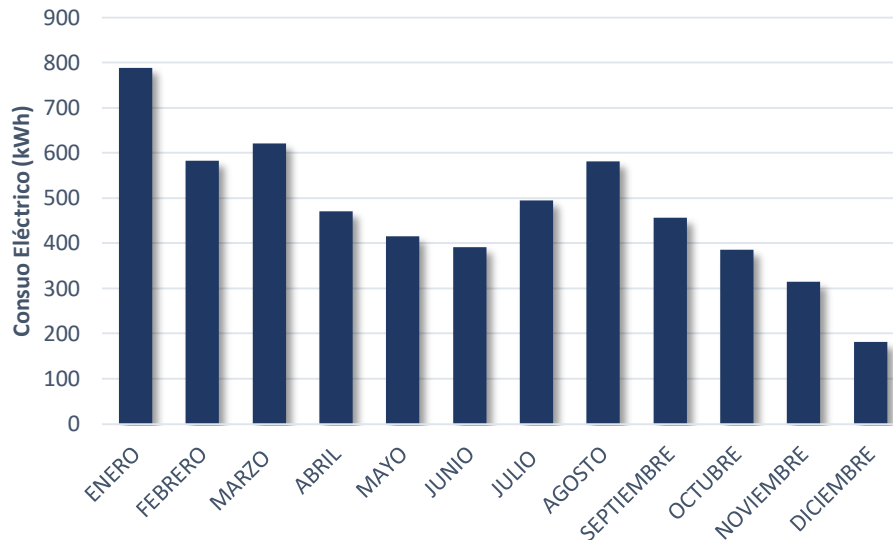


Ilustración 27. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

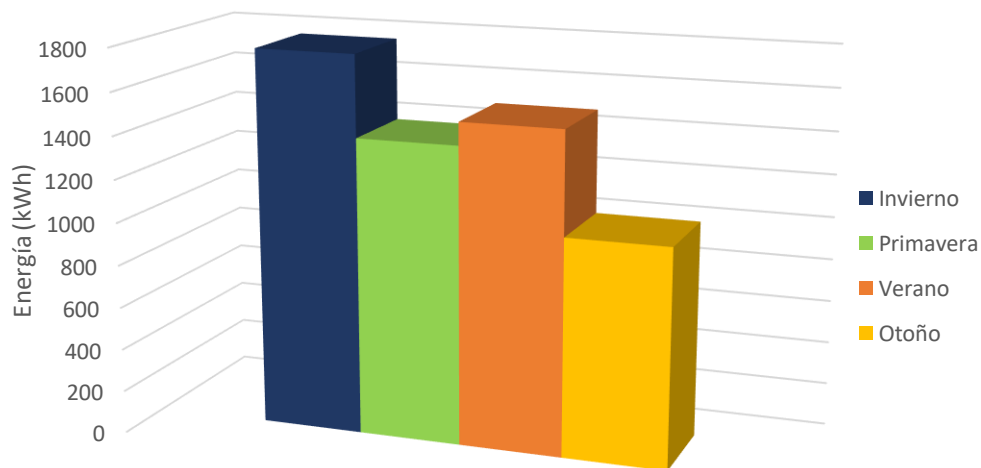


Ilustración 28. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda en invierno es muy elevado con respecto al resto del año. El valor mínimo de consumo se alcanza en el mes de diciembre, mientras que el valor máximo se encuentra en el mes de enero. Este bajo consumo de energía en el mes de diciembre puede ser debido a que los miembros de la familia no se encontraban en la misma durante un largo periodo, lo que ha hecho alcanzar estos valores de consumo anormales en esta época del año. En verano también se produce un consumo de energía elevado que se debe a la utilización de los equipos de aire acondicionado de la vivienda.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las *ilustraciones 29 y 30*.

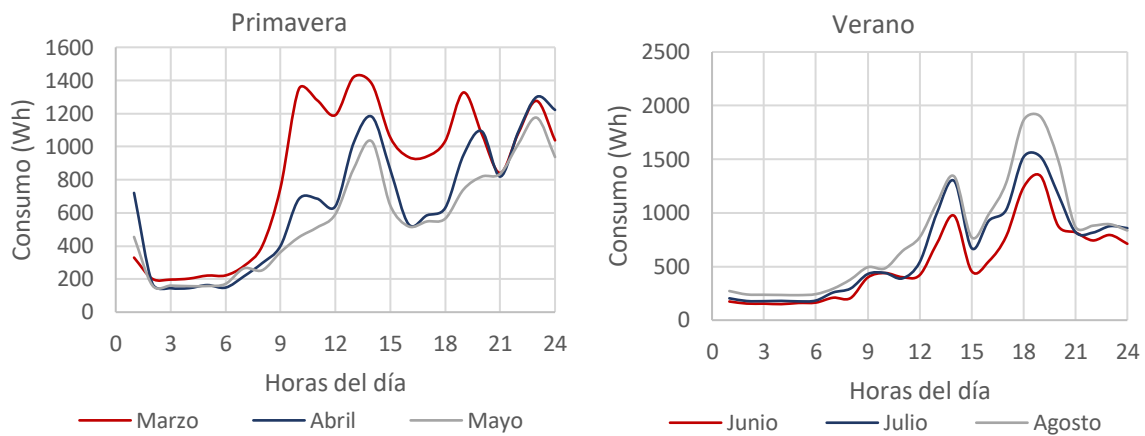


Ilustración 29. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 en los meses de Primavera y Verano

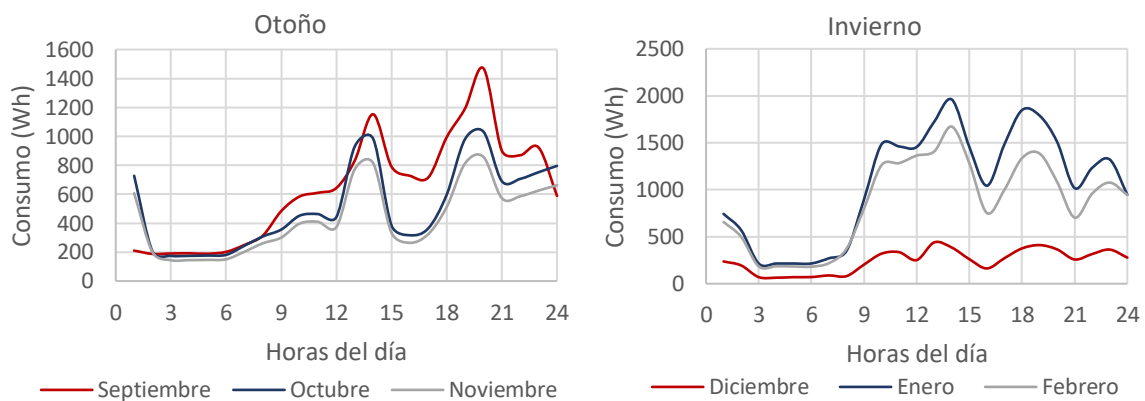


Ilustración 30. Perfiles de consumo de energía eléctrica de la Vivienda #5 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.6. Caracterización de la Vivienda #6

Esta vivienda se encuentra en Jaén, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 14*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	<i>5.598 kWh</i>	
Superficie	<i>200 m²</i>	
Número de habitantes	Adultos	<i>2</i>
	Niños	<i>1</i>
Termo ACS eléctrico	<i>Si (cambio de estación)</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Caldera de biomasa</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Si</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>Si</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>No</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>Si</i>	
Otros	<i>Bomba y depuradora de piscina</i>	

Tabla 14. Datos generales de la Vivienda #6

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 3.300 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 5.598 kWh, lo que supone un consumo del orden del 41% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 31 y 32* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #6, respectivamente.

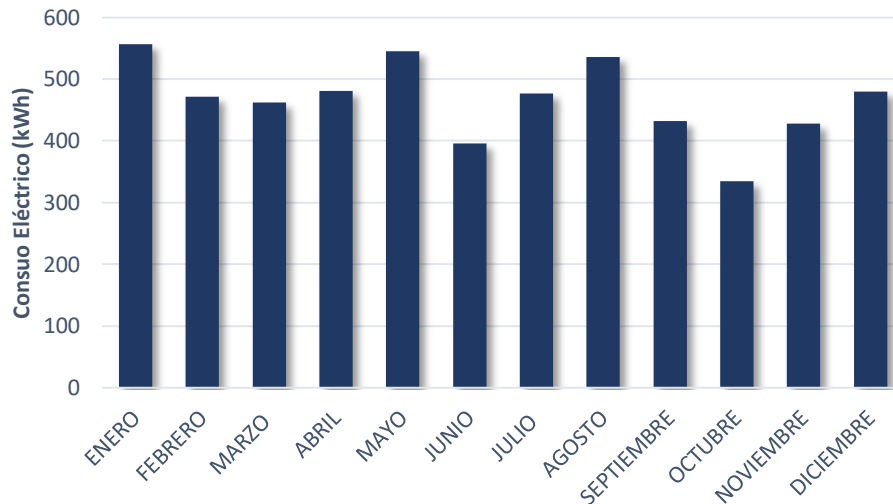


Ilustración 31. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

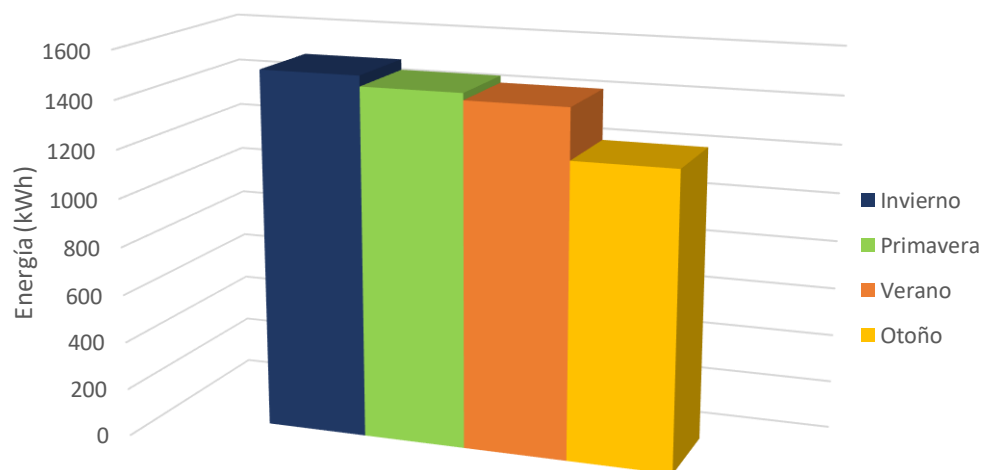


Ilustración 32. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda a lo largo del año es muy similar. El valor mínimo de consumo se alcanza en el mes de octubre, cuando no se utilizan aparatos de aire acondicionado ni calefacción. El valor máximo se encuentra en el mes de enero. En verano también se produce un consumo de energía elevado que se debe a la utilización de los equipos de aire acondicionado de la vivienda, sobretudo en el mes de agosto.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las *ilustraciones 33 y 34*.

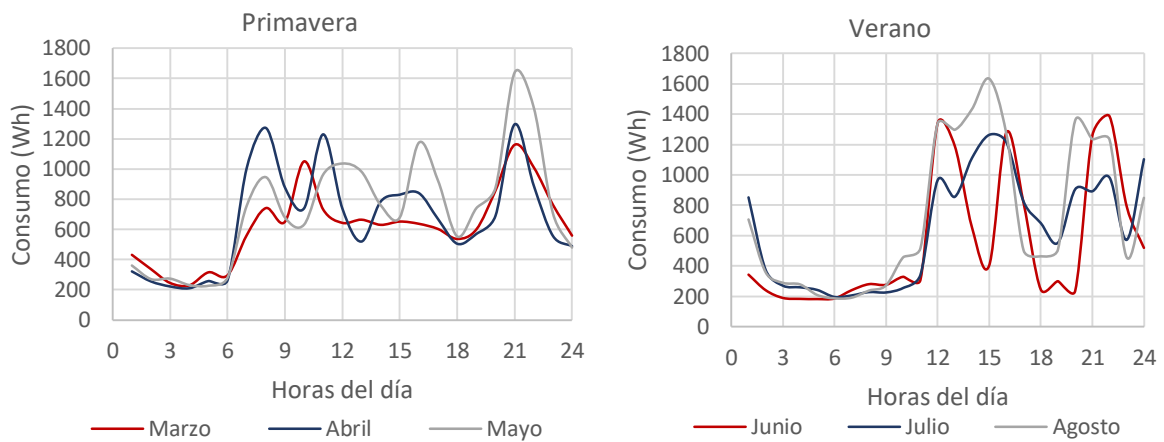


Ilustración 33. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #6 durante los meses de Primavera y Verano

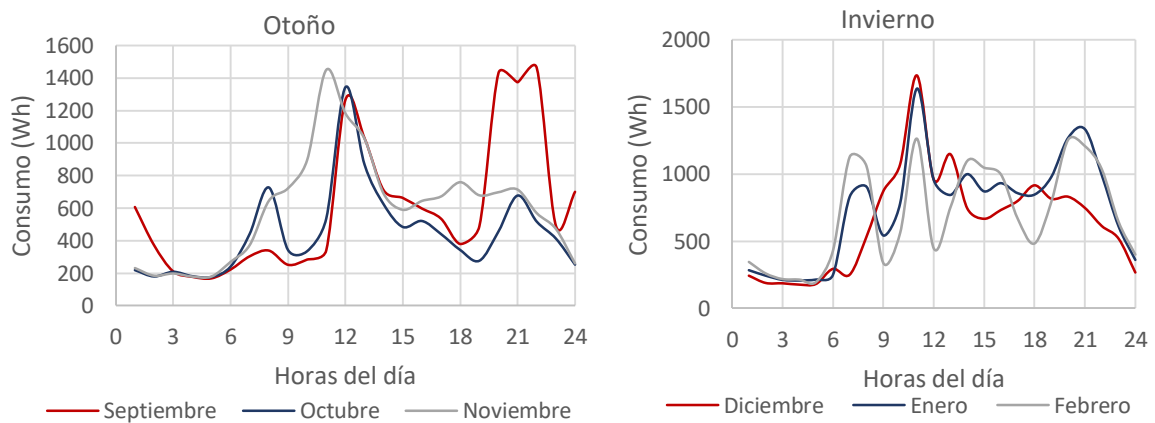


Ilustración 34. Perfiles de consumo de la Vivienda #6 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.7. Caracterización de la Vivienda #Temp 1

Esta vivienda se encuentra en Villacarrillo, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 15*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	3.318 kWh	
Superficie	180 m ²	
Número de habitantes	Adultos	4
	Niños	0
Termo ACS eléctrico	<i>Si (cambio de estación)</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>Caldera de biomasa</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Si</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>No</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>No</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>No</i>	
Otros	<i>No</i>	

Tabla 15. Datos generales de la Vivienda #Temp 1

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 2.338 kWh; la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 3.318 kWh, lo que supone un consumo del orden del 42% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 35 y 36* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #6, respectivamente.

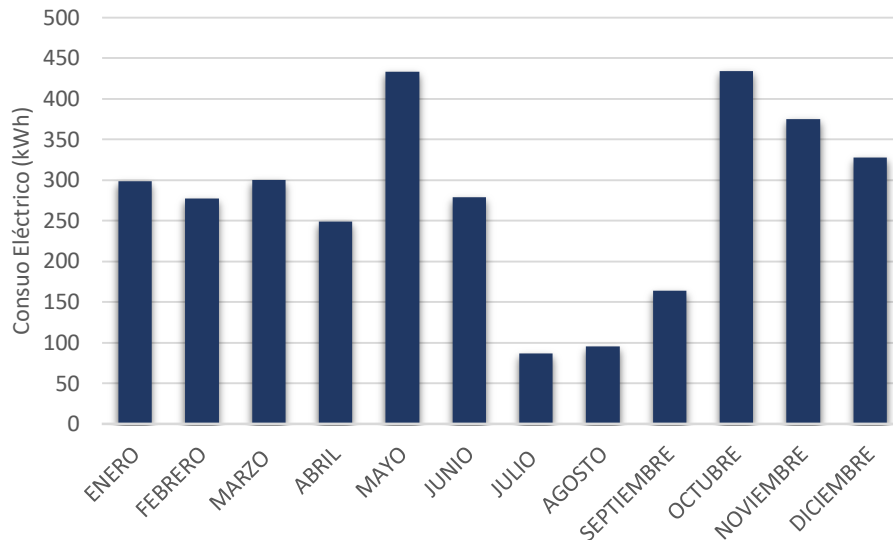


Ilustración 35. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 1 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

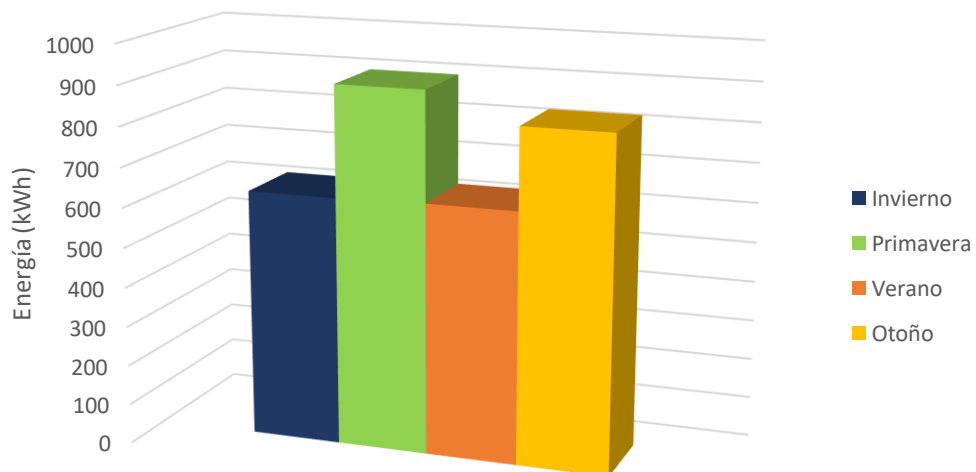


Ilustración 36. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 1 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como el consumo de esta vivienda en consumo disminuye en los meses de verano, ya que los habitantes de la vivienda no se encuentran en la misma. Los valores máximos de consumo se encuentran en los meses de mayo y octubre, coincidiendo con la fecha en la que comienzan a preparar la vivienda para irse a la residencia de verano, o cuando vuelven de ella.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las *ilustraciones 37 y 38*.

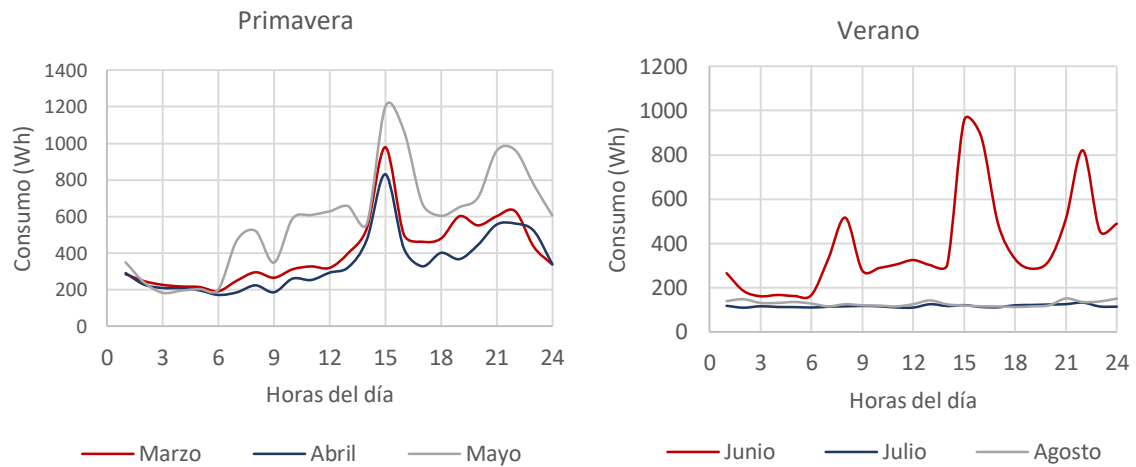


Ilustración 37. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Primavera y Verano

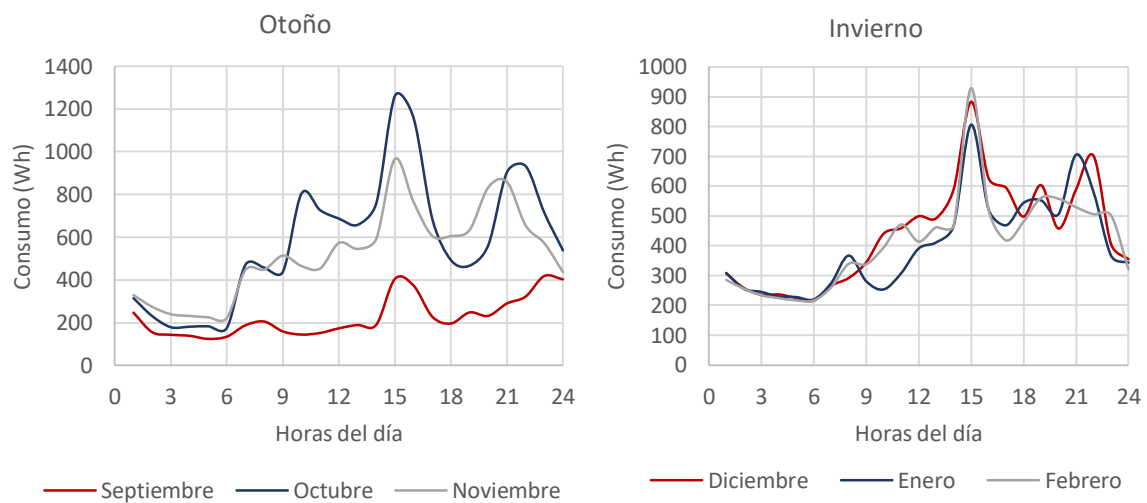


Ilustración 38. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Otoño e Invierno

3.2.8. Caracterización de la Vivienda #Temp 2

Esta vivienda se encuentra en Villacarrillo, y los datos de generales de la misma se recogen en la *tabla 16*.

Tipo de vivienda (piso/vivienda unifamiliar)	<i>Unifamiliar</i>	
Consumo de energía anual	<i>1.756 kWh</i>	
Superficie	<i>120 m²</i>	
Número de habitantes	Adultos	<i>4</i>
	Niños	<i>0</i>
Termo ACS eléctrico	<i>No</i>	
Tipo de calefacción (calor azul, caldera gas natural, bomba de calor, otros)	<i>No</i>	
Almuerzo en casa (Si/No)	<i>Si</i>	
Aire acondicionado para el verano (si/no)	<i>No</i>	
Lavadora (si/no)	<i>Si</i>	
Secadora (si/no)	<i>No</i>	
Uso diario del lavavajillas (si/no)	<i>No</i>	
Otros	<i>Bomba y depuradora de piscina</i>	

Tabla 16. Datos generales de la Vivienda #Temp 2

Con respecto al consumo eléctrico medio anual de una vivienda de 4 habitantes, el consumo medio nacional es de 682 kWh (en el periodo de verano); la vivienda estudiada tiene un consumo medio anual de 1.756 kWh, lo que supone un consumo del orden del 157% mayor al de la media nacional. En las *ilustraciones 39 y 40* se representa el consumo de energía eléctrica a lo largo de un año y en las cuatro estaciones de un año de la Vivienda #6, respectivamente.

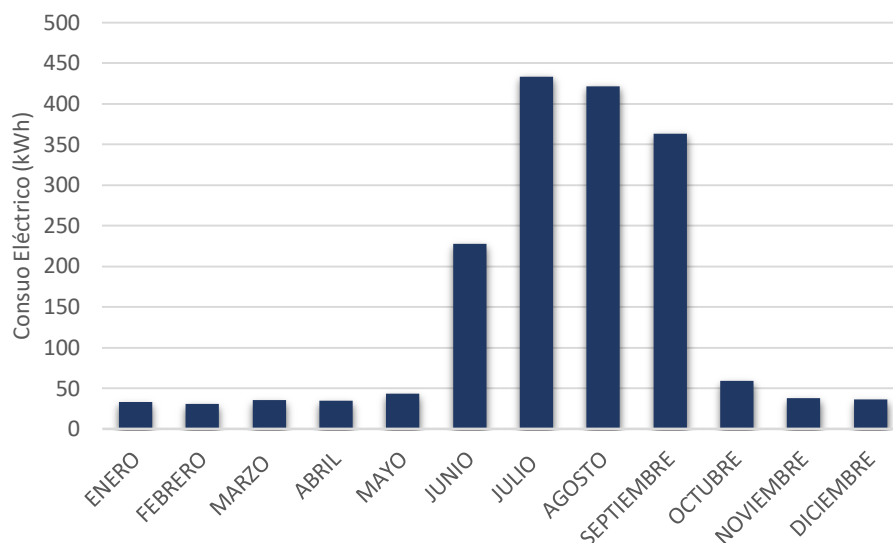


Ilustración 39. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 2 a lo largo del año

Fuente: elaboración propia

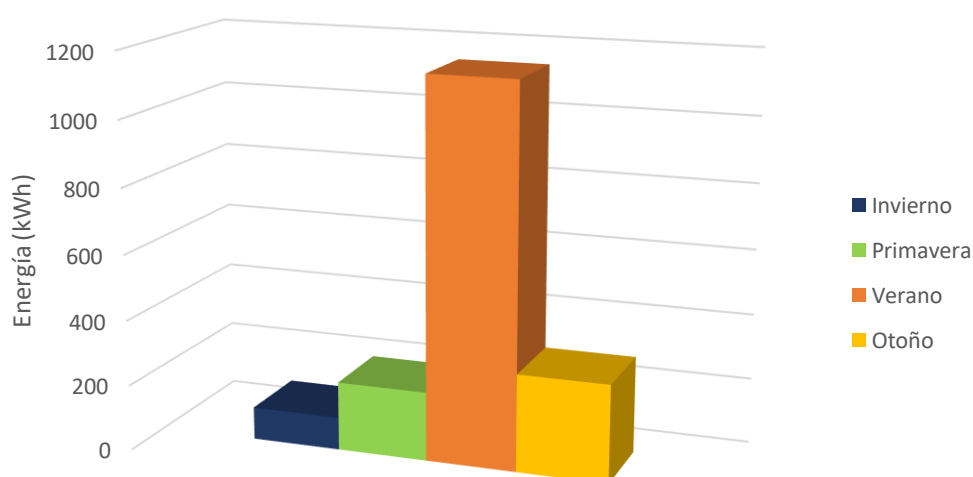


Ilustración 40. Consumo de energía eléctrica de la Vivienda #Temp 2 por estaciones

Fuente: elaboración propia

Se puede observar como en esta vivienda el consumo se concentra en los meses de verano. El resto del año. El consumo de la misma se debe a pequeños consumos como iluminación y herramientas eléctricas ya que la vivienda cuenta con un almacén agrícola.

Para complementar estas gráficas, se han representado los perfiles de consumo medio mensuales de los meses de cada una de las estaciones del año en las ilustración 41.



Ilustración 41. Perfiles de consumo de la Vivienda #Temp 1 en los meses de Verano

3.2.9. Conclusiones de las viviendas estudiadas

Tras analizar los perfiles de consumo de las viviendas estudiadas, se puede observar como el consumo de energía eléctrica anual es muy similar en todos los caso, aunque existen algunas diferencias dependiendo del número de habitantes de la misma.

Todas las viviendas presentan picos de consumo a mediodía, lo que indica que los habitantes de las mismas almuerzan en casa. Otro pico importante aparece a última hora de la tarde en gran número de ocasiones, que puede corresponder con la hora de la cena. No obstante, cada vivienda posee su perfil particular, lo que obliga a disponer de los perfiles diarios de los mismos si se quiere abordar adecuadamente el dimensionado un sistema fotovoltaico de autoconsumo.

Sería interesante ampliar el número de viviendas estudiadas para encontrar perfiles de consumo similares y encontrar una clasificación tipo de viviendas atendiendo al número de habitantes de la misma, su edad (niños o adultos) y su hábito de vida (trabajadores, parados, jubilados).

En el “ANEXO I: Valores diarios medios mensuales de las viviendas estudiadas” se recogen los datos diarios medios mensuales obtenidos a partir de los datos de consumo reales de cada una de las viviendas estudiadas.

4. Obtención del perfil de generación de un SF de autoconsumo

Un sistema de generación fotovoltaico se define como un sistema capaz de captar energía solar y transformarla en energía eléctrica. Estos sistemas se componen de un conjunto de módulos fotovoltaicos (generador) y un inversor que convierte la potencia en continua disponible a la salida del generador en potencia en alterna con las características de la red eléctrica convencional. Además de estos elementos, se utilizan también elementos de protección y medida e incluso pueden existir sistemas de acumulación de energía eléctrica.

Un sistema de acumulación es un dispositivo que consta de una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad para aprovecharla cuando se necesite. Cada una de las celdas consta de un electrodo positivo (o cátodo) un electrodo negativo (o ánodo) y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos permitiendo que la corriente fluya hacia fuera.

En la *ilustración 42* se representa el esquema de un Sistema Fotovoltaico de autoconsumo Conectado a Red.

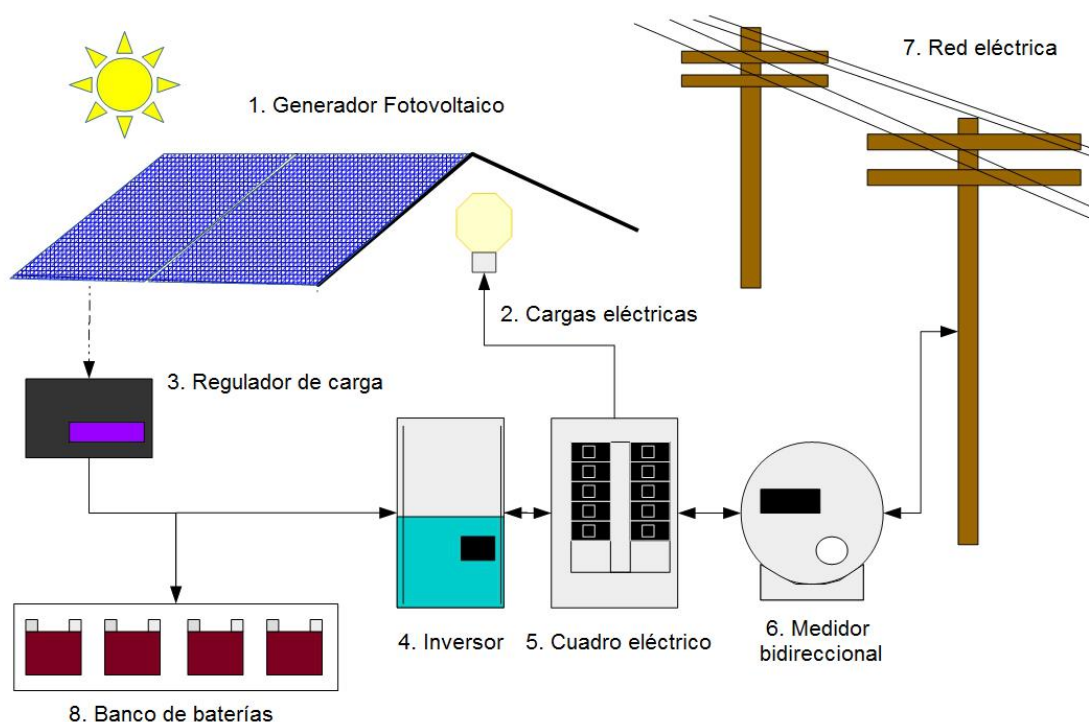


Ilustración 42. Esquema de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red

Fuente: elaboración propia

En este tipo de sistemas se puede utilizar tanto la energía autogenerada por el SFCR como la energía de la red eléctrica, aunque en España no está permitido el vertido de la

energía fotovoltaica excedente a la red de distribución eléctrica para tamaño de generador menores de 10 kW nominales..

4.1. Perfil de generación de un SF de autoconsumo conectado a red

Lo ideal en un Sistema Fotovoltaico de autoconsumo Conectado a Red es utilizar la mayor cantidad de energía generada y utilizar la menor cantidad de energía procedente de la red de distribución.

A través de herramientas que se encuentran al alcance de los usuarios, tanto gratuitas como de pago, es posible obtener la irradiancia recibida en un lugar concreto. En este estudio se ha utilizado la plataforma PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System, en la que se introducen las coordenadas del lugar, la inclinación y la orientación del generador fotovoltaico. En la *ilustración 43* se representa el perfil de irradiancia de un día medio del mes de diciembre (invierno) y del mes de julio (verano) en la provincia de Jaén cuyos datos han sido proporcionados por PVGIS. Se ha considerado una inclinación óptima de 30° y la orientación óptima de 0° Sur. PVGIS proporciona valores de irradiancia cada 15 minutos, por lo que es necesario tratar estos datos para pasarlos a valores horarios. También hay que tener en cuenta que estos valores vienen expresados en función de la Hora Solar, por lo que es necesario pasar estos valores a Hora Legal para que se puedan utilizar combinados con los perfiles de consumo diarios medios que vienen expresados en función de la Hora Legal del lugar.

En esta gráfica, que tendría un comportamiento similar en el resto de Andalucía, se puede observar como en el mes de verano existe un mayor número de horas de sol; además, la irradiancia de los meses de verano es mayor que la de los meses de invierno. Por otro lado, se puede hablar de Horas Solares Pico, HSP, que es el número de horas equivalentes que se producen a lo largo de un día si la irradiancia fuera de 1.000 W/m². Las HSP se obtienen expresando la irradiación en kWh/m². De este modo el número de HSP en diciembre es de 3,73 mientras que en julio es de 7,75, por lo que en los meses de verano la generación de energía será mayor.

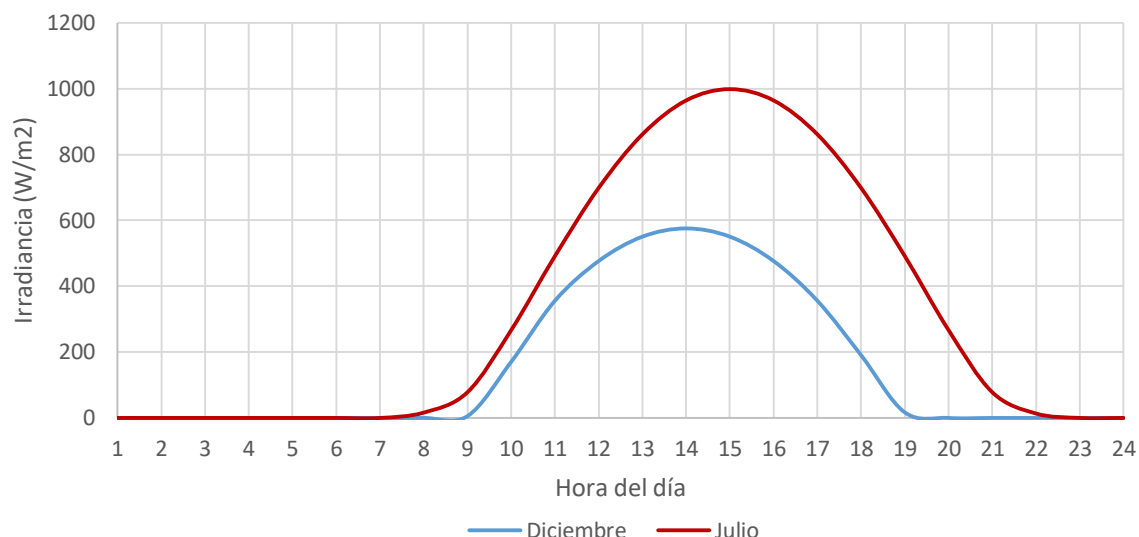
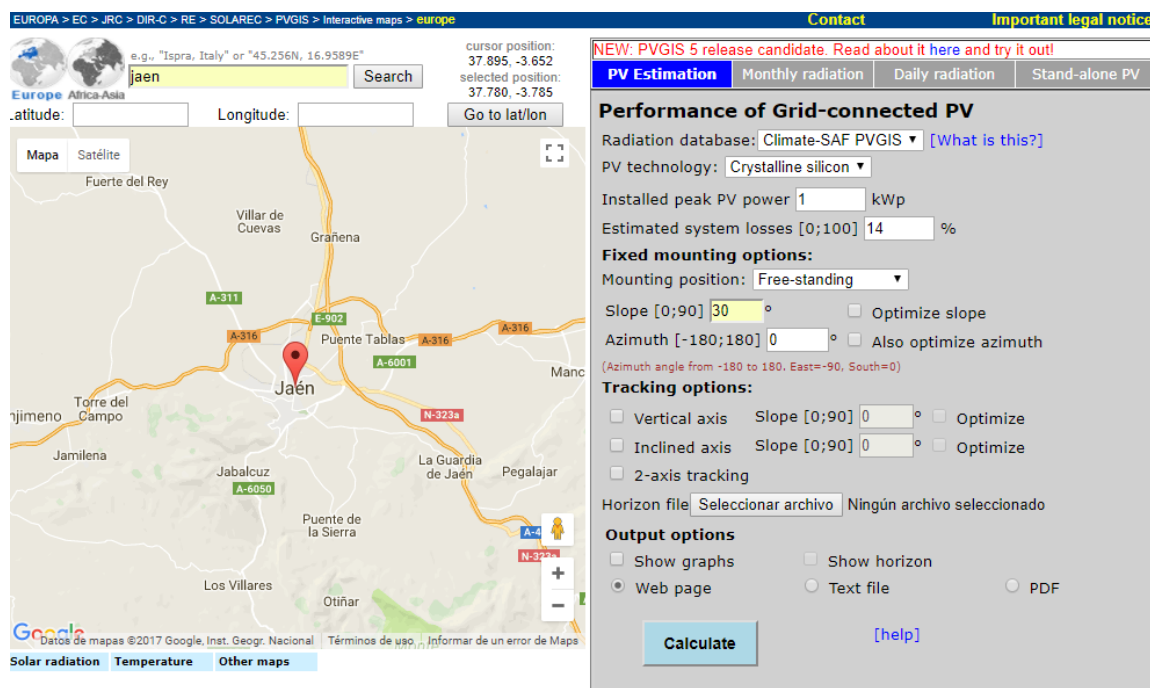


Ilustración 43. Perfil de irradiancia en la provincia de Jaén en los meses de diciembre y julio para una inclinación de 30° y una orientación de 0°

Fuente: elaboración propia con datos de PVGIS

Para obtener estos perfiles de irradiancia hay que introducir en el software PVGIS el lugar, la inclinación y la orientación así como la tecnología utilizada (Silicio monocrystalino o película delgada) y el mes del que se desean conocer los datos tal y como se muestra en la *ilustración 44*.



EUROPA > EC > JRC > DIR-C > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > europe

Search: e.g., "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"
jaen

cursor position: 37.895, -3.652
selected position: 37.780, -3.785
Go to lat/lon

Latitude: Longitude:

Mapa Satélite

Map showing Jaén and surrounding areas.

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power: 1 kWp

Estimated system losses [0;100]: 14 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing

Slope [0;90]: 30 ° ☐ Optimize slope

Azimuth [-180;180]: 0 ° ☐ Also optimize azimuth
(Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90]: 0 ° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90]: 0 ° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Horizon file: Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Output options

☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

Calculate [help]

Ilustración 44. Obtención del perfil de irradiancia de PVGIS

A partir de estos datos obtenidos de PVGIS se puede obtener el perfil diario medio mensual de potencia producida por el generador fotovoltaico mediante la siguiente expresión:

$$P_i = P_{GFV, std} \cdot \frac{G_i}{G_{std}} \cdot PR$$

Donde:

- P_i representa la potencia instantánea del generador fotovoltaico(W)
- $P_{GFV, std}$ representa la potencia estándar de medida del generador fotovoltaico (Wp)
- G_{std} representa la radiación estándar en condiciones de medida, 1000 W/m²
- G_i representa la radicación solar diaria para cada ciudad y cada hora del día
- PR representa el factor de rendimiento global del sistema. Para este caso se ha tomado un valor medio mensual

Los valores del Performance Ratio (PR) tomados como valores medios mensuales en Andalucía se recogen en la *tabla 17*.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,789	0,778	0,755	0,745	0,731	0,715	0,705	0,704	0,724	0,745	0,774	0,788

Tabla 17. PR para los meses del año en Andalucía

Estos valores se han obtenido a partir de la información obtenida de los apuntes de la materia “*Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red*” del Máster en Energías Renovables de la Universidad de Jaén y se han obtenido a partir de la siguiente ecuación.

$$PR = \frac{\frac{E_d}{H_d \cdot P_{GFV}}}{G_{std}}$$

Donde:

- E_d es la energía generada por el sistema
- H_d es la irradiancia en el plano generador
- P_{GFV} es la potencia del generador fotovoltaico
- G_{std} es la irradiancia en condiciones estándar de medida

En la *ilustración 45* se han representado los valores de PR para todos los meses del año, que va ligado a las pérdidas de conversión que se producen por temperatura. Se puede comprobar como en los meses de verano las pérdidas son mayores que en los meses de invierno.

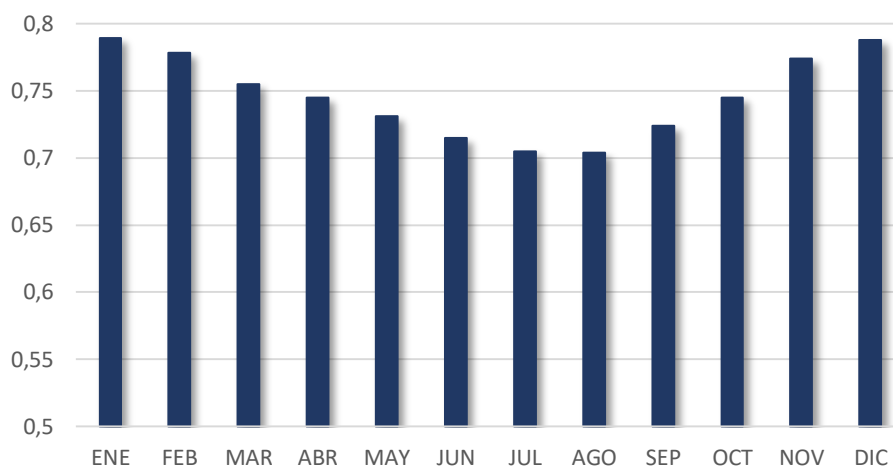


Ilustración 45. PR para los meses del año en Andalucía

Fuente: elaboración propia con datos del TFM “Estudio de consumo eléctrico de viviendas en España. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos aplicando los conceptos de autoconsumo y balance neto” de Antonio Jesús Rodríguez Serrano

De este modo, la *ilustración 46* representa la potencia de salida de un generador fotovoltaico de 1 kW de potencia nominal, instalado en Jaén con una orientación de 0° y una inclinación de 30°.

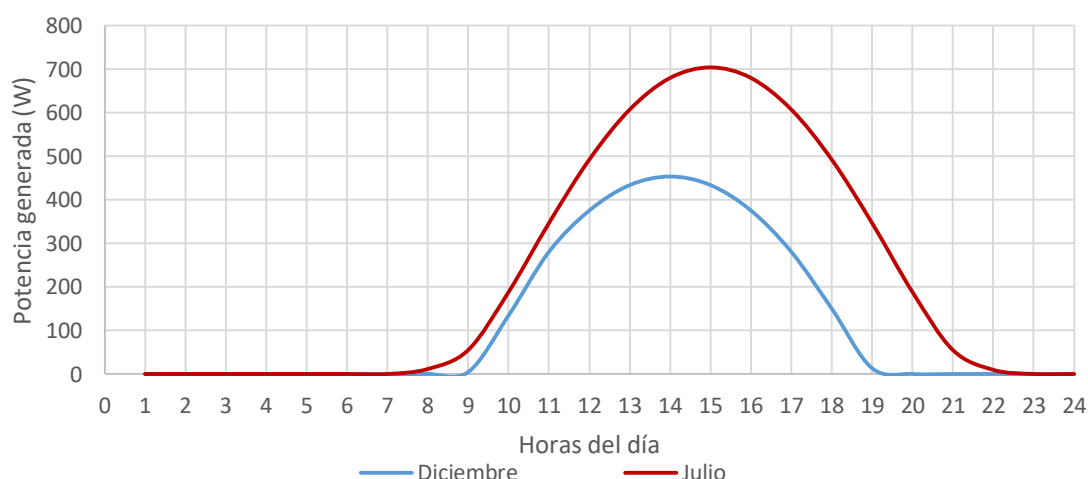


Ilustración 46. Potencia de salida de un generador fotovoltaico de 1 kW de potencia nominal instalado en Jaén con una orientación de 0° y una inclinación de 30°

Fuente: elaboración propia

5. Influencia de la orientación y la inclinación en la optimización de un sistema de autoconsumo fotovoltaico

Una vez conocidos los conceptos de autoconsumo y autosuficiencia, resulta interesante conocer cómo afectan los parámetros de inclinación y orientación de un generador fotovoltaico en estos parámetros. Para ello, se han analizado los perfiles de consumo diarios medios mensuales de las viviendas disponibles.

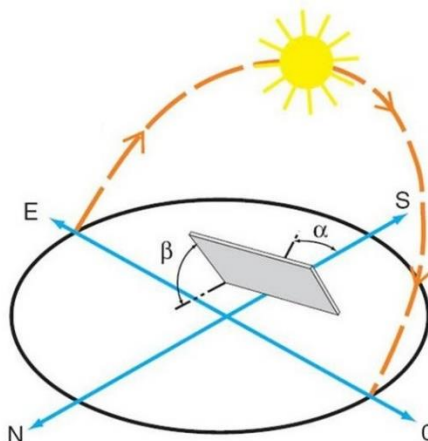


Ilustración 47. Esquema de la orientación e inclinación de un GFV

Como se puede observar en la *ilustración 47*, α representa el ángulo de orientación del generador fotovoltaico (varía entre -90° y 90°) y β representa el ángulo de inclinación del generador fotovoltaico (varía entre 0° y 90°).

En un Trabajo Fin de Máster anterior se comenzó a estudiar este apartado aunque con un menor número de viviendas. En este caso, se ha ampliado el número de viviendas analizadas para llegar así a unos resultados y conclusiones más reales al disponerse de una base de datos mayor. Sería interesante, de cara a trabajos futuros, ampliar esta base de datos para tener más información. En los siguientes apartados se analizarán de forma independiente la influencia de la orientación y la inclinación en los índices de autoconsumo y autosuficiencia.

5.1. Influencia de la orientación

Para analizar la influencia de la orientación sobre los índices de autoconsumo y autosuficiencia se ha utilizado una inclinación del plano del generador fotovoltaico fija. De una manera aproximada, para una mayor optimización de la producción de energía a lo largo del año, se ha utilizado una inclinación de 30°. Este estudio se ha realizado en base al ZEB, punto en el que se cruzan las curvas de los índices de autoconsumo y autosuficiencia para poder tener así un punto fácilmente detectable.

Se han variado los parámetros de orientación del generador fotovoltaico, entre -90° y 90°, coincidiendo con las orientaciones Este y Oeste respectivamente, y potencia del Generador Fotovoltaico, entre 1 kWp y 10 kWp. En este caso se ha aumentado el número de viviendas estudiadas con respecto a otro trabajo anterior para poder llegar así a una conclusión más acertada. Se han analizado ocho viviendas, dos de ellas son viviendas de uso temporal en la que sus inquilinos solo viven durante los meses de verano o durante el resto del año.

A partir de los resultados proporcionados por la aplicación Excel desarrollada a tal efecto, se ha observado que la orientación del Generador Fotovoltaico influye casi de la misma forma en el tamaño óptimo del mismo independientemente del consumo de la vivienda estudiada, siempre y cuando tengan una ocupación durante todo el año. En la *ilustración 48* se observa como el menor tamaño de Generador Fotovoltaico se obtiene cuando este se orienta por completo hacia el Sur (0°); a medida que este se orienta hacia el Este (-90°) u Oeste (90°), el tamaño aumenta de forma prácticamente simétrica para todas las viviendas estudiadas, y con una ligera influencia de sus perfiles de consumo.

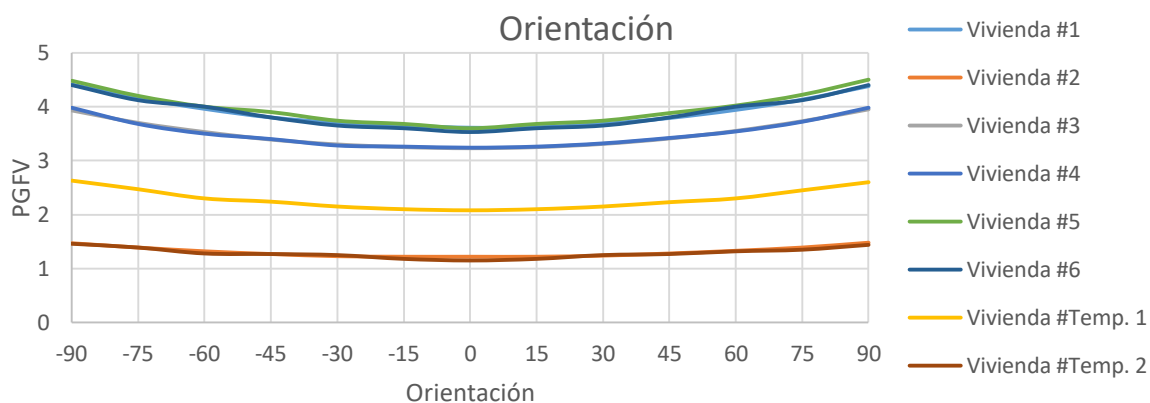


Ilustración 48. Influencia de la orientación en las diferentes viviendas estudiadas

Fuente: elaboración propia

En esta gráfica se representa el menor tamaño del generador fotovoltaico (tamaño óptimo) atendiendo a las diferentes orientaciones que se han estudiado; de este modo se representa el tamaño que ha de tener un generador fotovoltaico en cada una de las inclinaciones estudiadas donde el índice de autoconsumo y el índice de autosuficiencia, denominado ZEB (zero energy balance), coinciden. Estos resultados se recogen en la *tabla 19*. Según los resultados, la orientación óptima, como ya se sabe, es la orientación sur (0°), donde el tamaño óptimo del generador es el menor de todos los obtenidos.

A partir de la *ilustración 48* se ha obtenido la variación en el tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico con respecto a la orientación óptima (0°). Estos resultados se recogen en la *tabla 18*.

Orientación	Viviendas							
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#Temp. 1	#Temp. 2
-90	22,2%	20,5%	21,7%	22,8%	24,4%	24,6%	26,4%	27,0%
-75	15,2%	13,9%	14,6%	13,6%	16,7%	16,7%	18,8%	20,9%
-60	9,7%	8,2%	9,3%	8,0%	11,1%	13,3%	10,6%	11,3%
-45	5,3%	4,1%	5,0%	4,9%	8,3%	7,6%	7,7%	10,4%
-30	2,5%	0,8%	2,2%	1,2%	3,9%	3,4%	3,4%	8,7%
-15	1,1%	0,0%	0,6%	0,6%	2,2%	2,0%	1,0%	2,6%
0	3,61 kW	1,22 kW	3,23 kW	3,24 kW	3,6 kW	3,53 kW	2,08 kW	1,15 kW
15	0,3%	0,0%	0,6%	0,6%	2,2%	2,0%	1,0%	2,6%
30	1,9%	1,6%	2,5%	2,5%	3,9%	3,4%	3,4%	8,7%
45	5,0%	4,9%	5,6%	5,6%	7,8%	7,6%	7,2%	10,4%
60	9,1%	9,0%	9,9%	9,3%	11,7%	13,3%	10,6%	14,8%
75	14,4%	13,9%	15,5%	14,8%	17,2%	16,7%	17,8%	17,4%
90	21,3%	21,3%	22,3%	22,8%	25,0%	24,6%	25,0%	25,2%

Tabla 18. Variación del tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico

Para la orientación Sur, en cada vivienda, se recoge el tamaño mínimo que ha de tener el generador fotovoltaico para que el índice de autoconsumo y el índice de autosuficiencia coincidan. A partir de este valor, se ha obtenido el porcentaje de variación de este tamaño conforme la orientación varía hacia el Este o el Oeste.

La orientación más adecuada de una vivienda a efectos de eficiencia energética es la orientación Sur, ya que proporciona un mayor nivel de iluminación natural y de temperatura en invierno. Se puede apreciar en la *tabla 19* como el tamaño del Generador Fotovoltaico no aumenta de forma muy notable con respecto a la orientación óptima (0°) salvo a partir de los valores de orientación de -60° y 60° donde el aumento de este tamaño no alcanza el 10%, y

alcanza su valor máximo cuando se encuentra orientado por completo hacia el Este o el Oeste, aumentando del orden del 24%.

En Andalucía no existe ninguna Ley que afecte a la orientación en la ordenación urbanística aunque, como ya se ha mencionado anteriormente, la orientación óptima es la orientación Sur. Tras analizar la orientación de viviendas en algunas ciudades Andaluzas a través de Sistemas de Información Geográfica, se puede observar cómo las zonas antiguas de estas ciudades no presentan una orientación uniforme. Con respecto a las zonas más modernas, tienden a presentar orientaciones comprendidas entre los -30° y los 30° tendiendo a orientarse hacia el sur. Esto supone que un generador fotovoltaico instalado sobre un tejado de una ciudad andaluza de una zona de nueva construcción sería para los casos estudiados, como máximo, un 3,9% mayor con respecto al tamaño que tendría en su orientación óptima al sur. En definitiva, siempre que la orientación esté entre 60° y -60° grados, el efecto de la misma será pequeño.

En el “*ANEXO II: Resultados del estudio de la orientación*” se recogen las gráficas obtenidas para cada una de las viviendas estudiadas.

5.2. Influencia de la inclinación

Para analizar la influencia de la inclinación sobre los índices de autoconsumo y autosuficiencia se ha utilizado una orientación del plano del generador fotovoltaico fija de 0° , orientación Sur. Se ha variado la inclinación, entre 0° y 90° . Hay que matizar, que este estudio, a diferencia del de orientación, presenta saltos incrementales relativamente altos (30°). Por lo que se recomienda en futuros trabajos reducir este paso. Por otro lado, se ha aumentado el número de viviendas estudiadas con respecto a otro trabajo anterior, para poder llegar así a una conclusión más acertada.

A partir de los resultados proporcionados por la aplicación Excel, se ha observado que la inclinación del Generador Fotovoltaico influye en el tamaño del mismo con una ligera dependencia del consumo de la vivienda estudiada. En la *ilustración 49* se observa como el menor tamaño de Generador Fotovoltaico se obtiene cuando este se inclina 30° ; a medida que se disminuye o aumenta la inclinación, el tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico aumenta; el valor máximo se alcanza con una inclinación de 90° .

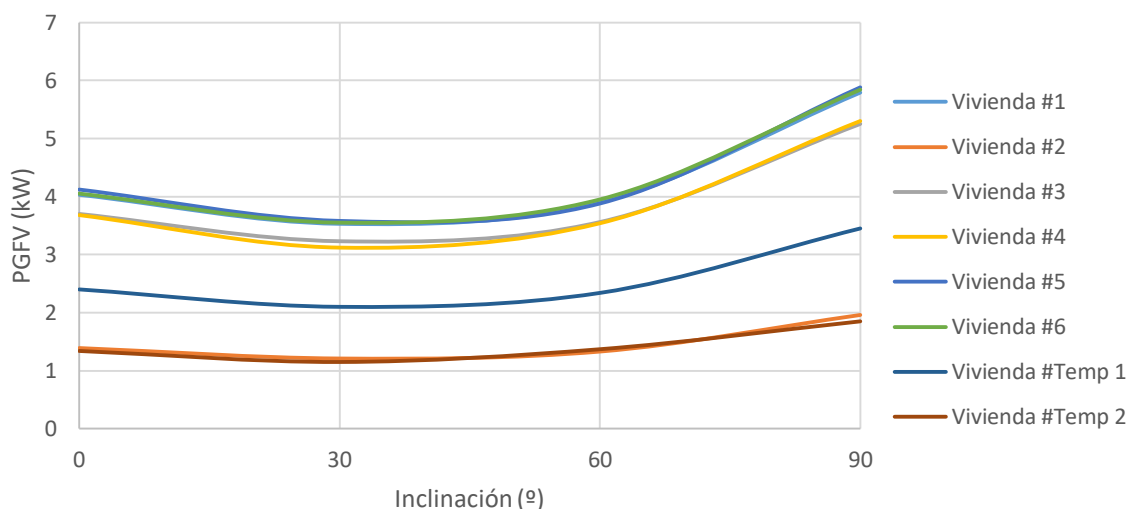


Ilustración 49. Influencia de la inclinación en el tamaño óptimo del generador fotovoltaico

Fuente: elaboración propia

A partir de los datos de la *ilustración 49* se ha calculado el porcentaje de aumento del tamaño del generador fotovoltaico con respecto al que este tendría en la inclinación óptima, 30°. Estos datos se recogen en la *tabla 19*.

Inclinación	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#Temp 1	#Temp 2
0	14,2%	14,9%	14,6%	17,9%	15,1%	14,1%	14,3%	16,5%
30	0	0	0	0	0	0	0	0
60	10,5%	9,9%	10,2%	13,5%	8,4%	11,3%	11,4%	19,1%
90	64,0%	62,0%	62,5%	69,9%	64,2%	64,5%	64,3%	60,9%

Tabla 19. Porcentaje de aumento del tamaño del generador fotovoltaico con la inclinación con respecto al óptimo

Fuente: elaboración propia

Para el caso de la Vivienda #Temp 2, se observa que el aumento del tamaño a 60 grados de inclinación es mayor que en el resto de viviendas. Esto se debe a que el consumo de energía eléctrica de esta vivienda se produce fundamentalmente en los meses de verano, cuando el sol está a mayor altura que en invierno, por lo que el ángulo óptimo de inclinación ha de ser menor.

Se observa claramente como el aumento, en tanto por ciento, del tamaño del Generador Fotovoltaico es menor si se inclina 60° que si se inclina 0°, aunque el aumento en ambos casos es muy pequeño. Según el Código Técnico de la Edificación la inclinación mínima de una cubierta inclinada de teja curva ha de ser de 14,6°, tal y como se recoge en la *tabla 20*. En el caso de Andalucía, la inclinación de los tejados se encuentra entre 15° y 20°

ya que no hay problemas de acumulación de nieve por nevadas, por lo que en caso de instalar un Generador Fotovoltaico en viviendas existentes, el porcentaje de aumento de tamaño del Generador Fotovoltaico con respecto al óptimo será del orden del 7%.

			Pendiente mínima en %	Pendiente mínima en °
Protección	Teja	Teja curva	26	14,6
		Teja mixta y plana monocanal	30	16,7
		Teja plana marsellesa o alicantina	40	21,8
		Teja plana con encaje	50	26,6

Tabla 20. Pendiente de cubiertas inclinadas

Fuente: Código Técnico de la Edificación

El caso más extremo se encuentra cuando el Generador Fotovoltaico se instala con una inclinación de 90°, donde el aumento del tamaño del mismo aumenta aproximadamente un 65% con respecto al tamaño óptimo. En aplicaciones reales esta opción solo se utiliza en integración arquitectónica, por lo que a nivel usuario no es una opción interesante. Por el contrario, como ya se ha visto anteriormente, si es interesante utilizar un Generador Fotovoltaico en tejados de viviendas existentes ya que el aumento del tamaño del mismo es muy pequeño.

En el “*ANEXO III: Resultados del estudio de la inclinación*” se recogen las gráficas obtenidas para cada una de las viviendas estudiadas.

6. Influencia del uso compartido de un generador fotovoltaico

El 2 de junio de 2017, el Tribunal Constitucional declaró nulo el artículo 3 del 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. Este artículo establece que “*En ningún caso un generador se podrá conectar a la red interior de varios consumidores*”.

De este modo, actualmente está permitido compartir un mismo generador para la producción de energía eléctrica para autoconsumo. En este apartado se estudiará la variación de los índices de autoconsumo y autosuficiencia considerando un mismo Generador Fotovoltaico que abastezca a dos viviendas de las que se disponen datos. Para llevar a cabo

este estudio, se van a realizar combinaciones de las viviendas analizadas desde un punto de vista anual. En primer lugar se han calculado los índices de autoconsumo y autosuficiencia para un año completo con la misma herramienta Excel que se han hecho los estudios de orientación e inclinación.

Como ya se ha comprobado en los puntos “5.1. Influencia de la orientación” y “5.2. Influencia de la inclinación”, la situación óptima en el que se igualan los valores de los índices de autoconsumo y autosuficiencia para un tamaño del generador fotovoltaico mínimo se produce cuando este se encuentra orientado totalmente hacia el Sur, 0°, y con una inclinación de 30°. Por este motivo, el estudio del uso compartido de un generador fotovoltaico se llevará a cabo con una orientación de 0° y una inclinación de 30° grados. En la *tabla 21* se recogen los datos iniciales de las viviendas que serán objeto de este estudio.

	#4	#5	#6
Consumo anual	5.195 kWh	5.682 kWh	5.598 kWh
Tamaño del GFV	3,28 kW	3,60 kW	3,55 kW
I_{as} – I_{ac} *	52%	53%	51%

* Estos valores se han obtenido en el punto ZEB, donde coinciden los índices de autoconsumo y autosuficiencia.

Tabla 21. Datos iniciales de las viviendas estudiadas para el uso compartido de un generador fotovoltaico

Fuente: elaboración propia

En primer lugar se han obtenido los índices de autoconsumo y autosuficiencia de las tres viviendas que se van a estudiar para todos los meses del año, aunque el índice de autosuficiencia es el índice sobre el que se realizará el estudio. Estos índices están calculados con datos de consumo horarios de todos los días del año; además, se ha utilizado la potencia óptima del Generador Fotovoltaico recogido en la *tabla 21*.

A partir de estos índices se pueden sacar una serie de conclusiones que serán útiles para analizar la influencia del uso compartido de un Generador Fotovoltaico en un conjunto de viviendas. A modo de ejemplo, se van a comentar los perfiles de consumo medios diarios de los meses más extremos, es decir, de los meses de enero y julio de cada una de las tres viviendas.

Vivienda #4

Se puede observar como en el mes de enero el consumo de esta vivienda es mayor que en el mes de julio; el consumo más importante aparece a lo largo de la tarde, hora en la que se utilizan los electrodomésticos de esta vivienda. Sin embargo, en el mes de julio el consumo es mucho menor y las horas de mayor consumo se encuentran en las horas centrales del día. Las ilustraciones 50 y 51 representan los perfiles de generación y consumo medios de un día típico de los meses de enero y julio.

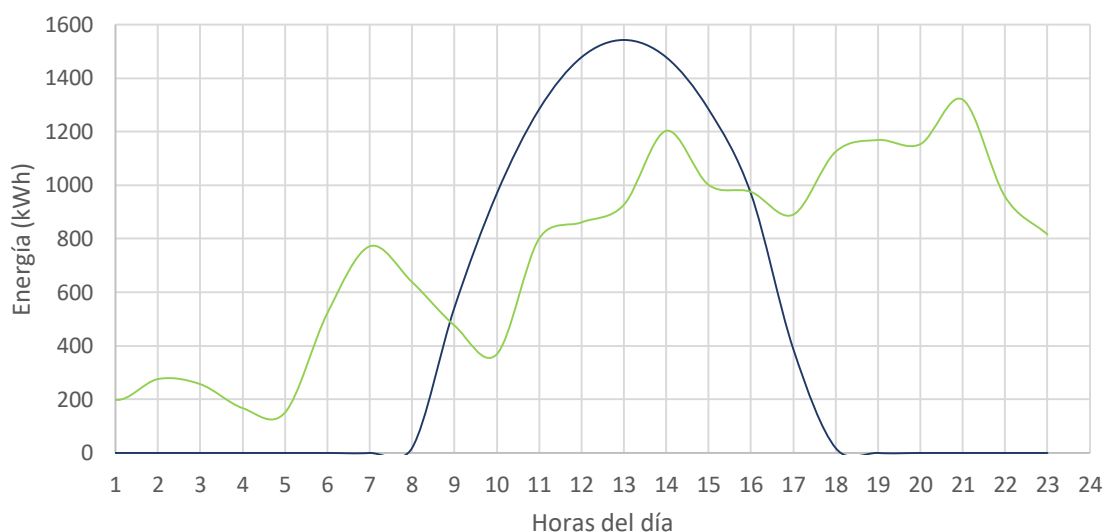


Ilustración 50. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #4 en el mes de enero

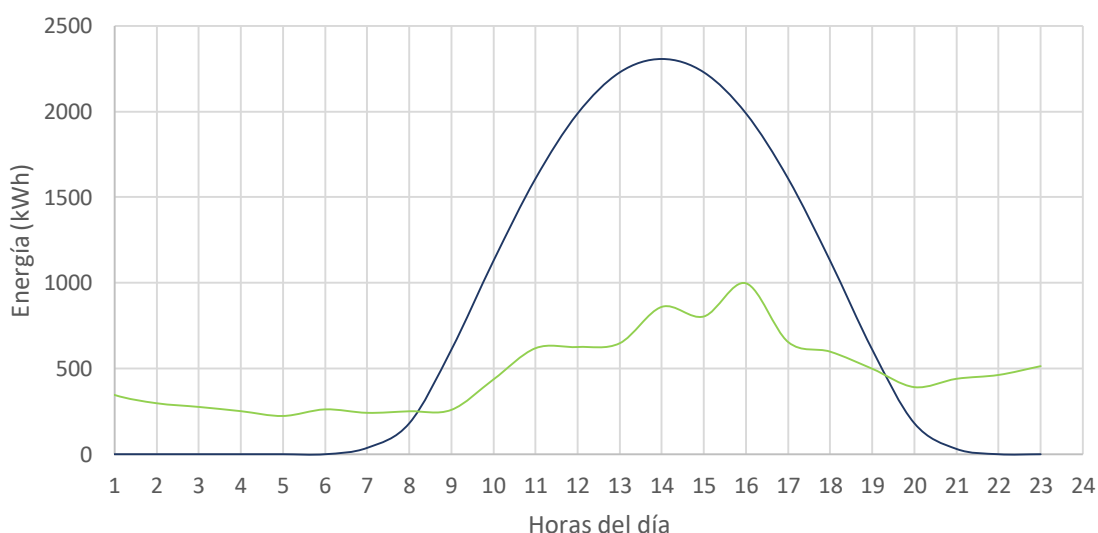


Ilustración 51. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #4 en el mes de julio

Vivienda #5

Se puede observar como en el mes de enero el consumo de esta vivienda es mayor que en el mes de julio; el consumo más importante aparece a lo largo de la tarde, se produce a mediodía y a lo largo de la tarde. En el mes de enero, los perfiles de generación y consumo se asemejan, lo que explica el alto valor del índice de autoconsumo, aunque el de autosuficiencia es algo bajo ya que hay un alto consumo a lo largo de la tarde. Sin embargo, en el mes de julio el consumo es mucho menor y las horas de mayor consumo se encuentra a media tarde, en torno a las 18:00 horas. Las *ilustraciones 52 y 53* representan los perfiles de generación y consumo medios de un día típico de los meses de enero y julio.

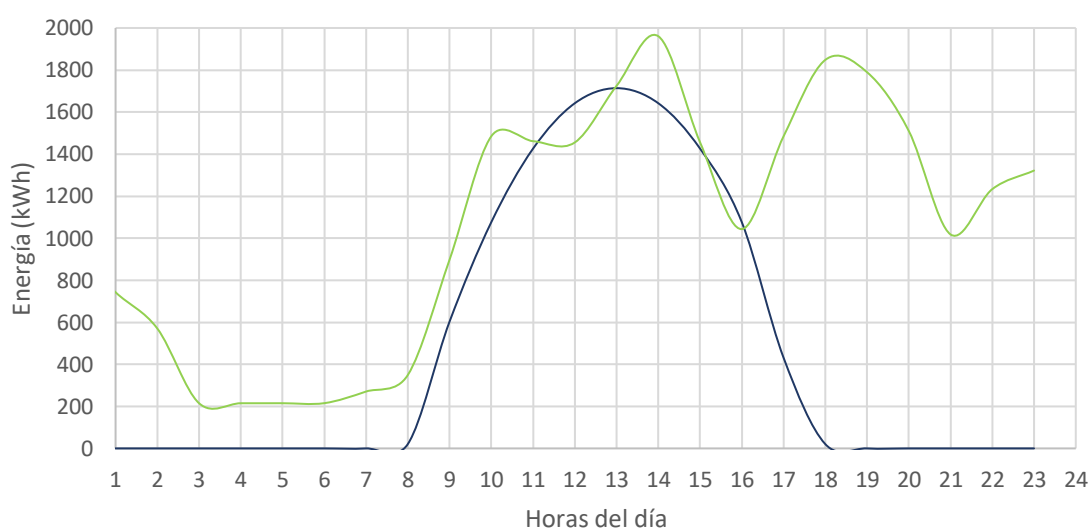


Ilustración 52. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #5 en el mes de enero

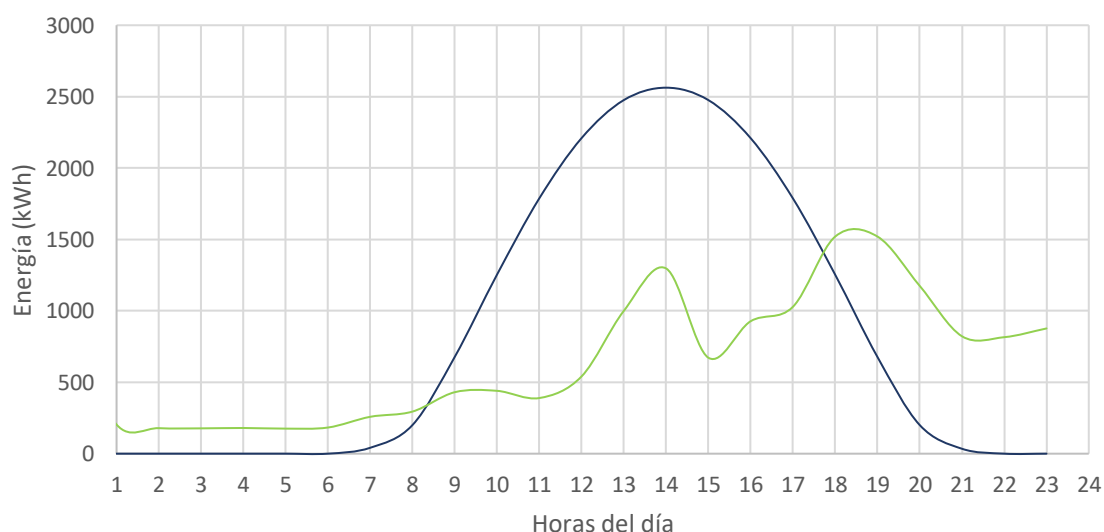


Ilustración 53. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #5 en el mes de julio

Vivienda #6

Se puede observar como en el mes de enero el consumo de esta vivienda es mayor que en el mes de julio; el consumo más importante aparece en torno a las 11:00 horas y a lo largo de la tarde. Sin embargo, en el mes de julio el consumo es mucho menor las horas de mayor consumo se encuentra a media tarde, en torno a las 21:00 horas. Las ilustraciones 54 y 55 representan los perfiles de generación y consumo medios de un día típico de los meses de enero y julio.

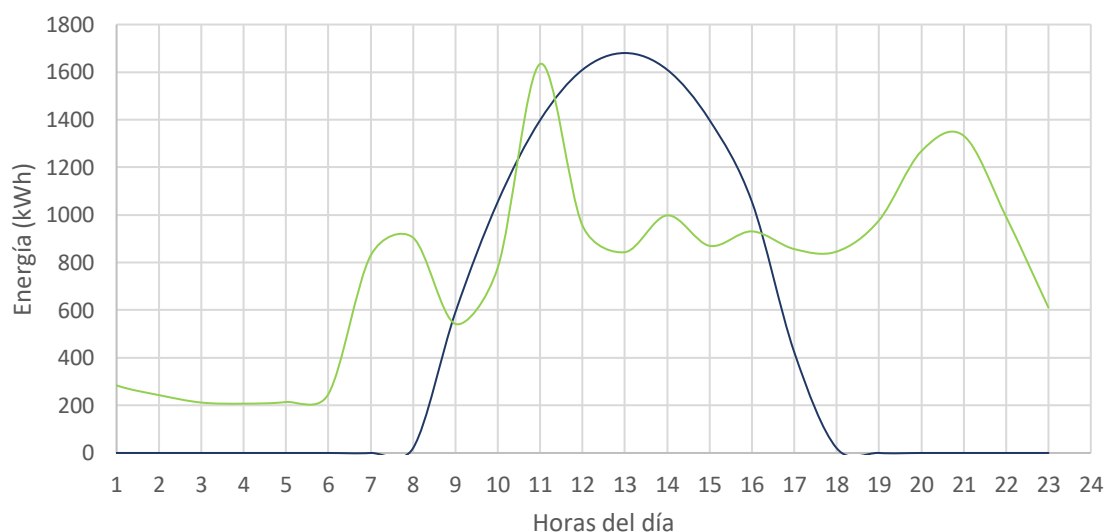


Ilustración 54. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #6 en el mes de enero

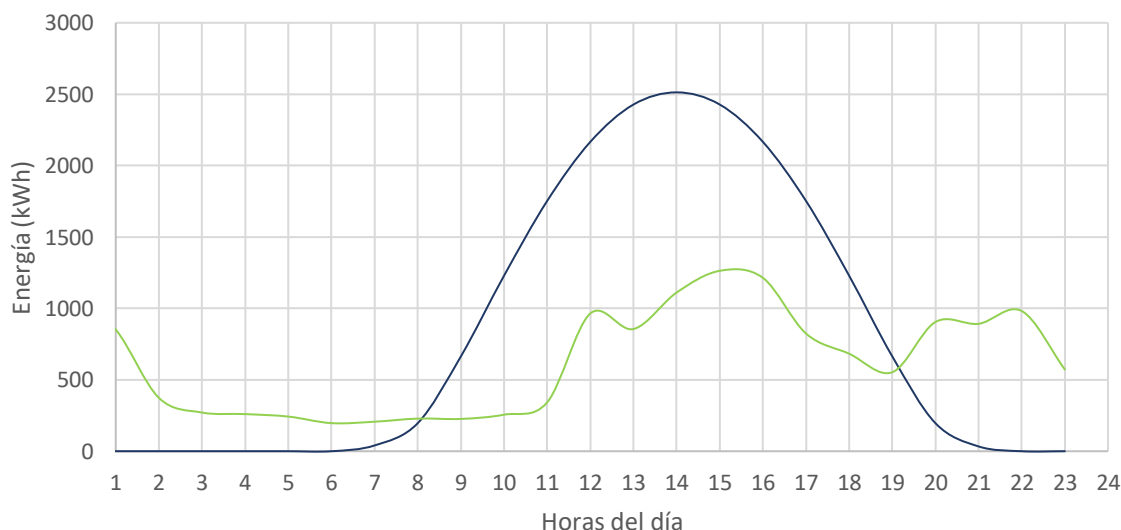


Ilustración 55. Perfiles de generación y consumo medios de la Vivienda #6 en el mes de julio

6.1. Combinación de 2 viviendas

En este caso se va a estudiar la combinación de la Vivienda #4 con las viviendas #5 y #6 dado que son viviendas que se encuentran situadas en el mismo municipio de la provincia de Jaén; por tanto se tendrán tres casos diferentes. De igual manera que se ha hecho en el punto anterior, se va a obtener para cada una de las combinaciones los índices de autoconsumo y autosuficiencia para un año completo. Hay que tener en cuenta que el tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico para el uso compartido se ha obtenido a partir de los resultados de la herramienta Excel. Los datos de las combinaciones de las viviendas se recogen en la *tabla 22*.

	#4 + #5	#4 + #6	#5 + #6
Consumo anual	10.877 kWh	10.792 kWh	11.280 kWh
Tamaño del GFV	6,70 kW	6,50 kW	7,15 kW
las – lac	57 %	54 %	53 %

Tabla 22. Datos de las viviendas combinadas

Una vez obtenidos los valores de los índices de autoconsumo y autosuficiencia anuales de las combinaciones de viviendas se puede observar como estos aumentan en el caso de la combinación de viviendas.

A continuación se van a analizar individualmente cada uno de los tres casos estudiados.

Vivienda #4 y Vivienda #5

En el caso de la combinación de las viviendas #4 y #5, ambas se encuentran en la provincia de Jaén y tienen consumos similares. En cuanto al tamaño óptimo del generador fotovoltaico, el de la vivienda #5 ha de ser mayor debido a que presenta un mayor consumo de energía a lo largo del año.

En cuanto a los índices de autoconsumo y autosuficiencia (en el punto ZEB) estudiados, la vivienda #4 tiene unos índices del 52%; por otro lado la vivienda #5 tiene unos índices del 53%. Centrándonos en el índice de autosuficiencia, se observa como el 52% y 53% de la energía total consumida en las viviendas corresponde a la energía fotovoltaica autoconsumida. Si se compara con el valor obtenido en el caso de combinar ambas viviendas,

se ha obtenido un índice del 57%, lo que indica que en las viviendas #4y #5 la energía fotovoltaica consumida aumenta en un 5% y un 4% respectivamente.

Además, se observa que el tamaño óptimo del generador fotovoltaico obtenido en el caso de la combinación es de 6,70 kW es menor que la suma de ambos generadores individuales (6,88 kW).

Vivienda #4 y Vivienda #6

En el caso de la combinación de las viviendas #4 y #6, ambas se encuentran también en la provincia de Jaén y tienen consumos muy similares. En cuanto al tamaño óptimo del generador fotovoltaico, el de la vivienda #5 ha de ser mayor debido a que presenta un mayor consumo de energía a lo largo del año.

En cuanto a los índices de autoconsumo y autosuficiencia (en el punto ZEB) estudiados, la vivienda #4 tiene unos índices del 52%; por otro lado la vivienda #6 tiene unos índices del 51%. Centrándonos en el índice de autosuficiencia, se observa como el 52% y 51% de la energía total consumida en las viviendas corresponde a la energía fotovoltaica autoconsumida. Si se compara con el valor obtenido en el caso de combinar ambas viviendas, se ha obtenido un índice del 54%, lo que indica que en las viviendas #4y #6 la energía fotovoltaica consumida aumenta en un 2% y un 3% respectivamente.

Además, se observa que el tamaño óptimo del generador fotovoltaico obtenido en el caso de la combinación es de 6,50 kW es menor que la suma de ambos generadores individuales (6,83 kW).

Vivienda #5 y Vivienda #6

En el caso de la combinación de las viviendas #5 y #6, ambas se encuentran también en la provincia de Jaén y tienen consumos similares. En cuanto al tamaño óptimo del generador fotovoltaico, el de la vivienda #5 ha de ser mayor debido a que presenta un mayor consumo de energía a lo largo del año.

En cuanto a los índices de autoconsumo y autosuficiencia (en el punto ZEB) estudiados, la vivienda #5 tiene unos índices del 53%; por otro lado la vivienda #6 tiene unos índices del 51%. Centrándonos en el índice de autosuficiencia, se observa como el 53% y

51% de la energía total consumida en las viviendas corresponde a la energía fotovoltaica autoconsumida. Si se compara con el valor obtenido en el caso de combinar ambas viviendas, se ha obtenido un índice del 53%, lo que indica que en las viviendas #5 y #6 la energía fotovoltaica consumida no aumenta en la vivienda #5 y aumenta un 2% en la vivienda #6.

Además, en este caso se observa que el tamaño óptimo del generador fotovoltaico obtenido en el caso de la combinación es de 7,15 kWes el mismo que la suma de ambos generadores individuales (7,15 kW).

6.2. Conclusión del uso compartido de 2 viviendas

Una vez analizados cada uno de los tres casos estudiados, se observa como el índice que más nos interesa en este estudio es el índice de autosuficiencia, es decir, el porcentaje de energía fotovoltaica consumida con respecto al total de la energía eléctrica consumida. Este estudio se ha llevado a cabo de forma anual, por lo que como línea de trabajo para el futuro se recomienda llevar a cabo este estudio con una herramienta que permita estudiar estos índices de manera mensual, incluso diaria para obtener resultados más certeros.

Las tres viviendas analizadas tienen consumos anuales similares aunque el perfil de consumo no es similar, ya que cada una de ellas tiene un número diferente de habitantes aunque algunos meses del año presentan perfiles de consumo con características similares.

Tras llevar a cabo el estudio se puede observar como en casi todos los casos el índice de autosuficiencia aumenta en el caso de la combinación de viviendas con respecto a la utilización de generadores individuales. Dependiendo de la viviendas combinadas el aumento de este índice será mayor o menor, llegándose a alcanzar aumentos del orden del 5%. Solo en uno de los casos el índice se ha mantenido inalterado, pero en ninguno de los estudios el índice de autosuficiencia ha disminuido por lo que se puede decir que el uso compartido de un generador fotovoltaico aumenta el índice de autosuficiencia de una combinación de dos viviendas.

Por otro lado resulta interesante la idea de que el programa ofrece un tamaño de generador óptimo en el caso de la combinación de viviendas menor que la suma de los generadores individuales. Igualmente, solo en el caso de la combinación de las viviendas #5 y #6 este tamaño ha sido idéntico en ambos casos.

Como conclusión se puede decir que, de forma general, la utilización de un Generador Fotovoltaico de uso compartido beneficia a las viviendas.

7. Influencia de la gestión de cargas

Para llevar a cabo este estudio se han utilizado los datos de consumo de electricidad de la Vivienda #4 que se han obtenido a partir de la web de Endesa y con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS 110.

7.1. Dispositivo de monitorización TP-LINK 110

Actualmente existen en el mercado diversas formas de monitorizar y gestionar las cargas de una vivienda. La opción más completa, pero costosa, es recurrir a la domótica que permite gestionar y monitorizar todas y cada una de las cargas de una vivienda. Como ya se ha comentado, esta opción es muy costosa para llevar a cabo este estudio por lo que se ha recurrido a utilizar otro tipo de dispositivos.

El dispositivo de monitorización de energía TP-LINK 110 es un dispositivo que se conecta entre la toma de corriente de la vivienda y el electrodoméstico que se desea monitorizar, además permite gestionar y programar el funcionamiento de las cargas conectadas en él. De este modo el dispositivo ofrece una serie de datos de salida, como son el consumo de energía instantáneo, el consumo acumulado para un día, 7 días y 30 días. La *ilustración 56* muestra los parámetros de salida del dispositivo.



Ilustración 56. Datos de salida del TP-LINK HS 110

La *tabla 24* recoge las características técnicas del dispositivo.

#4	
Tensión de entrada	100 – 204 V
Tensión de salida	230 V
Carga máxima	16 A
Potencia máxima	3.680 W

Tabla 23. Características Técnicas del dispositivo TP-LINK HS 110

En el ANEXO IV se adjunta la Ficha Técnica del dispositivo.

7.2. Caracterización detallada de la Vivienda #4

Esta vivienda se encuentra en Villacarrillo (Jaén). Tiene una inclinación del tejado de 20° y una orientación de 30° Este.

De acuerdo con REE (Red eléctrica de España) en su publicación de la reedición de la “guía de consumo inteligente” en 2010, en la que se presenta información y consejos para ayudar a los ciudadanos a hacer un uso más inteligente de la energía eléctrica, la potencia media contratada por un hogar con las características de esta vivienda es de 4kW. En la Vivienda #4, la potencia contratada es de 5,50 kW, potencia que no se encuentra cercana a la media nacional.

De forma general, y tras estudiar el hábito de comportamiento de los miembros de la Vivienda #4 y los electrodomésticos que se pueden encontrar en la misma, se puede decir que el hecho de que el consumo de esta vivienda se encuentre por encima de la media nacional se debe a la utilización de determinados electrodomésticos como la secadora o los aparatos de aire acondicionado existentes en las estaciones de invierno y verano. A partir de los perfiles de consumo de los meses de las cuatro estaciones del año, se pueden sacar una serie de patrones de comportamiento para cada una de ellas.

Primavera

Durante los meses de primavera el perfil de consumo diario medio mensual es muy similar. Se observa un pico de consumo a primera hora de la mañana, que corresponde con la hora del desayuno de los miembros de la vivienda. El consumo a lo largo de la mañana va aumentando progresivamente hasta alcanzar el valor máximo diario en torno a las 14:00, coincidiendo con la hora del almuerzo de los miembros de la vivienda. A lo largo de la mañana, el consumo corresponde al que tienen pequeños electrodomésticos de una vivienda tipo tales como televisión, aspiradora, etc. Durante la tarde, el consumo vuelve a caer hasta

valores muy bajos, volviéndose a producir un pico de consumo a la hora de la cena, en torno a las 20:30 horas; también a esta hora funciona la lavadora. Durante la noche el consumo de la vivienda es mínimo, y corresponde con el consumo en Stand by de las cargas de la vivienda.

Verano

Durante los meses de verano el perfil de consumo diario medio mensual, al igual que en los meses de primavera, es muy similar. Durante estos meses no se produce un pico de consumo a primera hora de la mañana ya que los miembros de la vivienda se encuentran de vacaciones, y cada uno de ellos desayuna a una hora diferente, por lo que se producen pequeños picos que no son tan pronunciados como en los meses de primavera. Al igual que ocurre, de manera general, en el resto de meses, se produce un pico de consumo en torno a las 14:00 horas, coincidiendo con la hora de almuerzo de los miembros de la vivienda. A última hora del día se vuelve a producir otro pico de consumo, aunque no es tan pronunciado como en los meses de primavera; este pico corresponde con la hora de la cena de los miembros de la vivienda. También después de comer o a última hora funciona el lavavajillas.

Otoño

Durante los meses septiembre y octubre el perfil de consumo diario medio mensual es muy similar y en el mes de noviembre, este, es muy elevado. Se observan picos de consumo entre las 6:00 y las 9:00, que corresponden con la hora del desayuno de los miembros de la vivienda y la hora en la que funciona el lavavajillas. El consumo a lo largo de la mañana va aumentando progresivamente hasta alcanzar el valor máximo diario en torno a las 14:00, coincidiendo con la hora del almuerzo de los miembros de la vivienda. A lo largo de la mañana, el consumo corresponde al que tienen pequeños electrodomésticos de una vivienda tipo tales como televisión, aspiradora, etc. Durante la tarde, el consumo vuelve a caer hasta valores muy bajos, volviéndose a producir un pico de consumo a la hora de la cena, en torno a las 21:30 horas. Durante la noche el consumo de la vivienda es mínimo, y corresponde con el consumo en Stand by de las cargas de la vivienda. Destaca el elevado consumo del mes de noviembre a partir de las 12:00 horas. Este consumo se debe a que en la vivienda se utilizan equipos de calefacción eléctricos auxiliares, a pesar de que la vivienda cuenta con calefacción de gasoil.

Invierno

Durante los meses de invierno ocurre algo similar a los meses de otoño. En el mes de diciembre el consumo es muy elevado debido a la utilización de equipos de calefacción eléctricos auxiliares. En los meses de enero y febrero el consumo va disminuyendo ya que se va acercando la estación de primavera, donde no hace tanto frío y no es necesaria la utilización de equipos de calefacción eléctricos auxiliares. Los picos de consumo corresponden, al igual que en los meses anteriores, con la hora del desayuno, del almuerzo y de la cena. Se puede comprobar como a partir del mediodía el consumo es más elevado, debido a que todos los miembros de la vivienda se encuentran ella. También durante la tarde se utiliza la secadora en un gran número de horas durante estos meses, lo que supone que el consumo de energía sea muy elevado. A primera hora de la mañana, tras el desayuno, también funciona el lavavajillas.

Una vez descrito el perfil de consumo medio diario de la Vivienda #4 a lo largo del año, se van a comparar los datos de consumo de esta con una vivienda media española con el mismo número de habitantes. La *tabla 25* recoge los datos más significativos relativos al consumo anual de la vivienda #4 y de una vivienda media de 3 habitantes.

	Vivienda #4		Media Nacional	
	Anual	Diario	Anual	Diario
Consumo medio de la vivienda (kWh)	5.195	14,23	2.800	7,67
Facturación media sin I.V.A. (€)	1.046,76	2,87	851,04	2,33
Emisiones de CO2 medias emitidas (kg)	1.600,1	4,38	862,4	2,36
Potencia contratada	5,50 kW		4,00 kW	

Tabla 24. Datos sobre el consumo de una vivienda española de 3 habitantes

Fuente: Red Eléctrica Española

Se puede observar como la Vivienda #4 tiene valores superiores a los valores de la media española. Estos aspectos repercuten directamente en la facturación media y las emisiones de CO₂.

7.2.1. Electrodomésticos

Como ya se ha explicado en el punto “3.1.2. Obtención de perfiles de consumo de grandes cargas de una vivienda” los perfiles de consumo de los electrodomésticos de esta vivienda se han obtenido con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110.

La *tabla 26* recoge los consumos horarios de los tres electrodomésticos que se pueden gestionar de esta vivienda.

Electrodoméstico	Consumo (Wh)	Funcionamiento (min)
Lavadora	413	60
Secadora	703	40
Lavavajillas	1.480	104

Tabla 25. Consumo horario de los electrodomésticos que componen la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110

Se puede comprobar como la secadora es el electrodoméstico que presenta un mayor consumo en la Vivienda #4, con 703 Wh en un ciclo de secado de 40 minutos. Este electrodoméstico es muy utilizado en esta vivienda durante los meses de invierno, y como ya se ha comentado, es el responsable de los elevados consumos de energía que se producen en los meses de invierno principalmente aunque con un ciclo de secado ligeramente superior al estudiado. El lavavajillas es el segundo electrodoméstico que más energía consumo, 1.480 Wh, y se utiliza prácticamente todos los días. De forma general, estos electrodomésticos se utilizan en el mismo horario a lo largo de las cuatro estaciones del año. Conocer el horario de funcionamiento de estos electrodomésticos es importante ya que más adelante se estudiará si influye la gestión de estos a lo largo del día para aumentar el índice de autosuficiencia. La *tabla 27* recoge el horario de inicio de los electrodomésticos de la Vivienda #4 en las cuatro estaciones del año.

	Lavavajillas	Lavadora	Secadora
Primavera *	8:00	20:00	21:00
Verano *	15:00 / 21:00	20:00	-
Otoño *	8:00	20:00	21:00
Invierno *	8:00	20:00	21:00

Tabla 26. Hora de inicio de los electrodomésticos de la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia

* En la tabla se indican las horas más frecuentes de inicio de los electrodomésticos. Hay que tener en cuenta que el perfil de consumo medio mensual es una media, por lo que al no utilizarse estos electrodomésticos todos los días, no puede verse reflejado claramente su uso en el perfil de consumo.

A continuación se recogen los perfiles de consumo del lavavajillas, la lavadora y la secadora de la Vivienda #4.

Lavavajillas

El lavavajillas de la Vivienda #4 es de la marca BOSH de 60 cm y su consumo es de 1.480 Wh en el programa más largo, que es el más utilizado en esta vivienda. Al ser un electrodoméstico antiguo carece de etiqueta energética. La *ilustración 57* representa el perfil de consumo del lavavajillas dado en minutos.

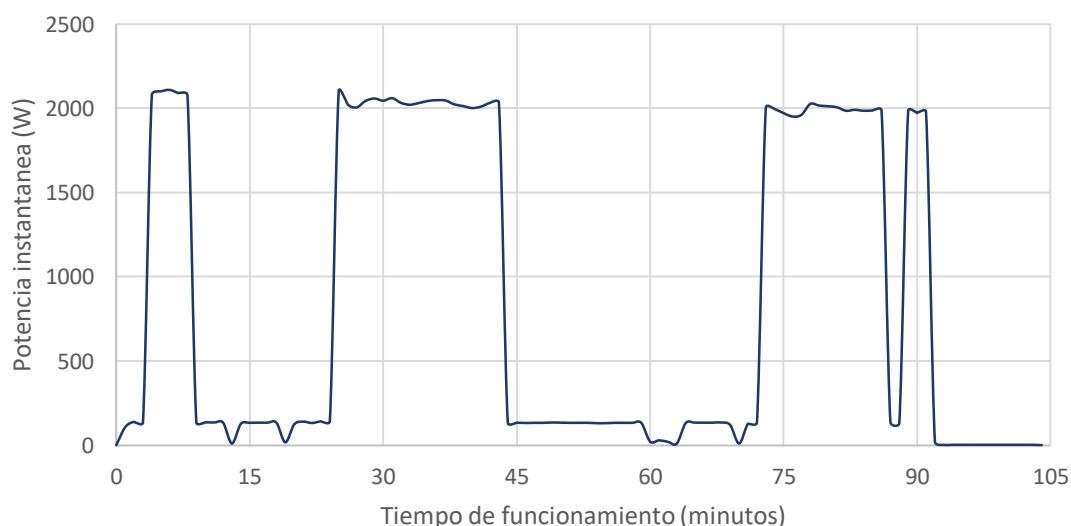


Ilustración 57. Perfil de consumo del lavavajillas de la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110

Lavadora

La lavadora de la Vivienda #4 es de la marca BOSH modelo Avantixx 7, de 7 kg de carga máxima. Esta lavadora tiene una eficiencia clase “A” de lavado y una eficiencia clase “B” de centrifugado. El consumo de este electrodoméstico es muy variable ya que cuenta con varios programas pero en la Vivienda #4 el programa más utilizado funciona a una temperatura de 40°C y una velocidad de centrifugado de 1.200 rpm. La *ilustración 58* representa el perfil de consumo de la lavadora dado en minutos a 40°C y 1.200 rpm (con 1 kg de carga).

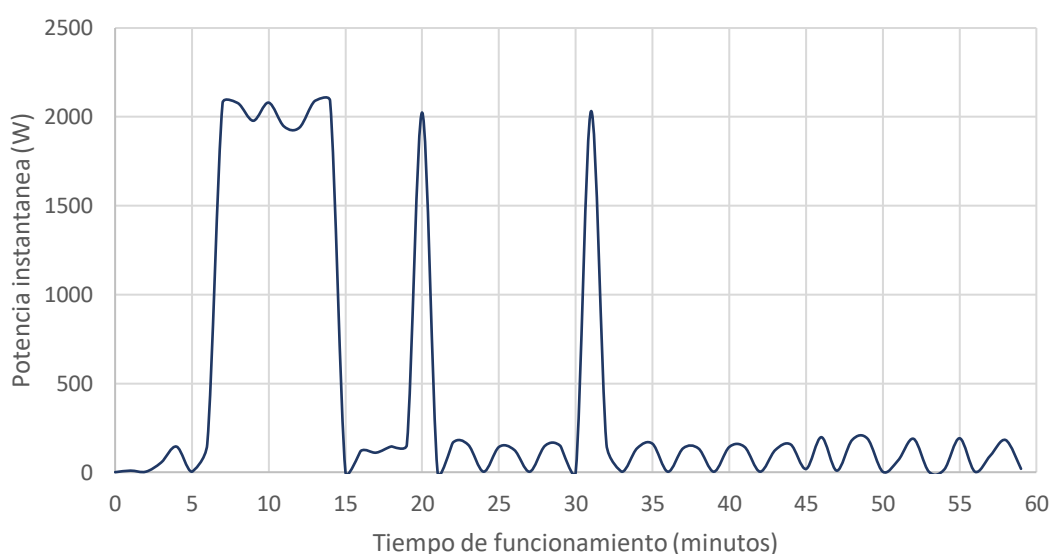


Ilustración 58. Perfil de consumo de la lavadora de la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110

Secadora

La secadora de la Vivienda #4 es de la marca Zanussi, modelo Dual Temperature y presenta un consumo de 703 Wh en el programa de máxima potencia con una duración de 40 minutos. La *ilustración 59* representa el perfil de consumo de la secadora dado en minutos en un periodo de secado de 40 minutos.

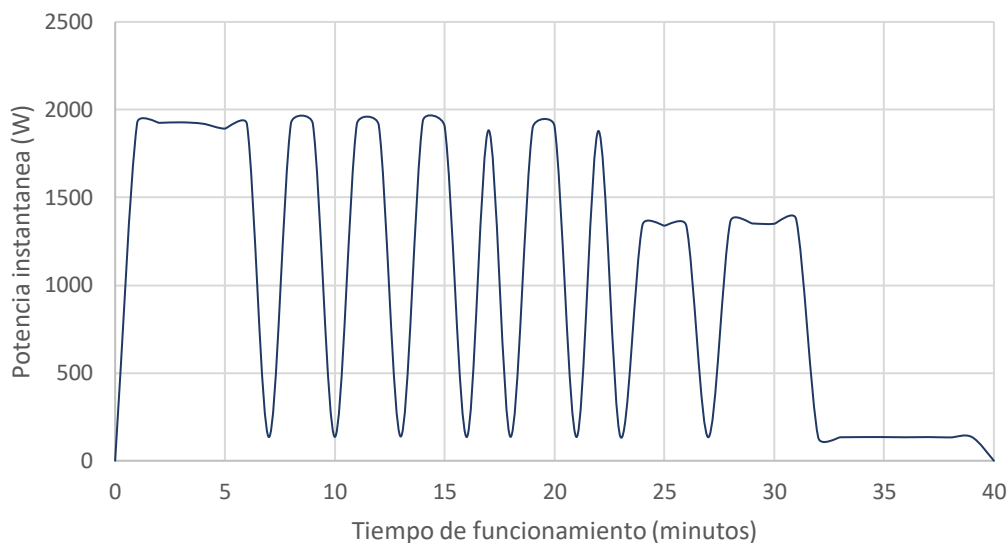


Ilustración 59. Perfil de consumo de la secadora de la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110

En una vivienda española, como ya se ha visto anteriormente, el consumo energético de los electrodomésticos supone un importante porcentaje en el total de la energía consumida, suponiendo un 26,9 % del consumo de energía de una vivienda. En este apartado se ha estudiado como afecta la gestión de dichas cargas en los índices de autoconsumo y autosuficiencia.

Para llevar a cabo este estudio se han utilizado los datos de la Vivienda #4; en primer lugar se ha obtenido un perfil de consumo base dado en minutos en el que solo aparecen las cargas de un día concreto del mes de mayo en el que las cargas utilizadas corresponden al microondas por la mañana y a la vitrocerámica a mediodía y por la noche, la iluminación y el consumo en standby. Este perfil de consumo, denominado en adelante “consumo base” se representa en la *ilustración 60*.

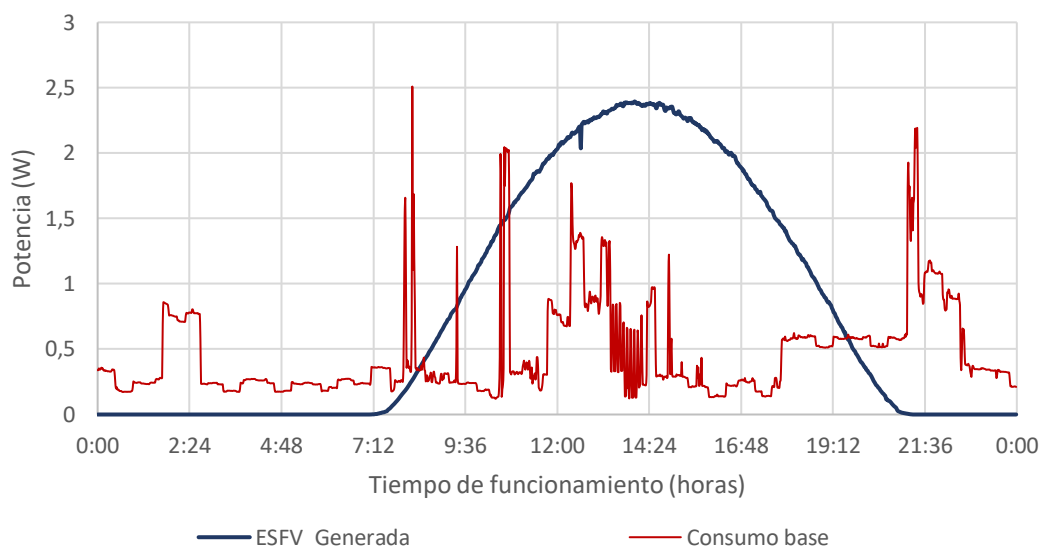


Ilustración 60. Perfil de Generación de ESFV y perfil de consumo base de la Vivienda #4

Fuente: elaboración propia con datos de la Universidad de Jaén

En este caso, para hacer el estudio de manera real, se va a suponer un Generador Fotovoltaico instalado en el tejado de la vivienda, que tiene una inclinación de 20° y una orientación de 30° Este. Se va a suponer un margen de error del 5%, que corresponde con la variación de los datos reales de la vivienda (inclinación de 20°) con los datos óptimos de esta (inclinación de 30°).

7.3. Análisis de la influencia de la gestión de cargas

En el punto anterior se ha obtenido el consumo en minutos de la lavadora, la secadora y el lavavajillas de la vivienda #4 con el dispositivo de monitorización de energía TP-LINK HS-110. También se ha obtenido un perfil de irradiancia dado en minutos para un día del mes de mayo que se representa en la *ilustración 66*. Este perfil de irradiancia se ha calculado teniendo en cuenta que el tamaño óptimo del Generador Fotovoltaico de esta vivienda para la optimización a lo largo del año es de 3,28 kW. De este modo, al trabajar con todos los datos dados para cada minuto de un día, se obtendrán unos resultados muy precisos de los que se podrán sacar conclusiones claras.

Tal y como se puede comprobar en la gráfica anterior, el consumo de la vivienda estudiada en este día de mayo es bajo. Se pueden observar pequeños picos de consumo correspondientes a las horas del desayuno, el almuerzo y la cena de los miembros de la vivienda. Por otro lado, el perfil de energía solar fotovoltaica es el típico de un mes de mayo,

en el que la temperatura es alta y la radiación incidente es muy buena. Se puede observar una pequeña anomalía en torno a las 13:00 horas, probablemente debida a alguna pequeña nube.

El concepto de gestión de cargas puede aplicarse actualmente en viviendas utilizando la domótica. De manera más sencilla, pueden utilizarse dispositivos de monitorización energía, como el utilizado para la realización de este trabajo, que permiten configurar el dispositivo para que las cargas conectadas comiencen a la hora indicada. De este modo, desde el punto de vista familiar, resulta útil configurar las cargas para que se adapten al horario de trabajo de los miembros que habitan la vivienda. Por ejemplo, puede programarse una lavadora para que su ciclo de lavado acabe cuando un inquilino llega a casa, pudiendo así introducir la ropa en la secadora. En este apartado se va a utilizar este concepto pero desde el punto de vista de la generación de energía solar fotovoltaica, para aprovechar la mayor cantidad posible de energía generada.

Para realizar una comparativa de la que sacar conclusiones concretas se van a estudiar dos situaciones concretas de este día, una sin gestión de cargas y otra con gestión de cargas.

7.4. Índices de autoconsumo y autosuficiencia sin gestión de cargas

En primer lugar se va a analizar el patrón de consumo de los electrodomésticos de la Vivienda #4 en el mes de mayo. En este mes, el lavavajillas suele comenzar su ciclo de lavado a primera hora de la mañana, en torno a las 8:00, la lavadora a última hora de la tarde, en torno a las 20:00 y la secadora a continuación, en torno a las 21:00. De este modo, el perfil de consumo de la Vivienda #4 sin gestión de cargas en un día de mayo se representa en la *ilustración 61*.

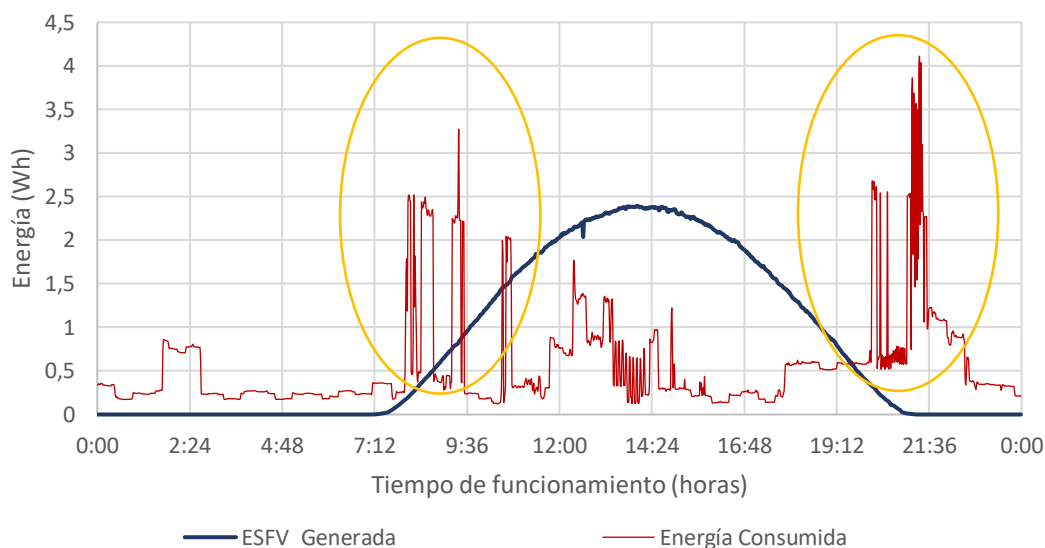


Ilustración 61. Perfil de consumo de la Vivienda #4 de un día de mayo sin gestión de cargas

A partir de la gráfica se puede observar que el consumo de los electrodomésticos se encuentra en las primeras y en las últimas horas del día. Si se tuviera en cuenta la instalación de un Generador Fotovoltaico de 3,28 kW, con este perfil de consumo, el índice de autoconsumo de la vivienda es del 29,28%, y el índice de autosuficiencia es del 41,64%. Estos valores relativamente bajos se deben a que las cargas se encuentran fuera de las horas de generación de energía solar fotovoltaica.

7.5. Índices de autoconsumo y autosuficiencia con gestión de cargas

El caso ideal sería el de aprovechar la mayor cantidad de energía solar fotovoltaica generada, lo que repercutiría en una reducción de la factura eléctrica de la vivienda al tener que utilizarse menos energía eléctrica procedente de la red. En este caso, se han gestionado los electrodomésticos y se han desplazado sus consumos a las horas centrales del día para maximizar el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica. Se ha supuesto que lavavajillas comenzará su ciclo de lavado a las 12:00, y la lavadora y la secadora comenzarán su ciclo de funcionamiento a las 15:00 y a las 16:00 respectivamente. De este modo, el perfil de consumo de la Vivienda #4 con gestión de cargas en un día de mayo se representa en la *ilustración 62*.

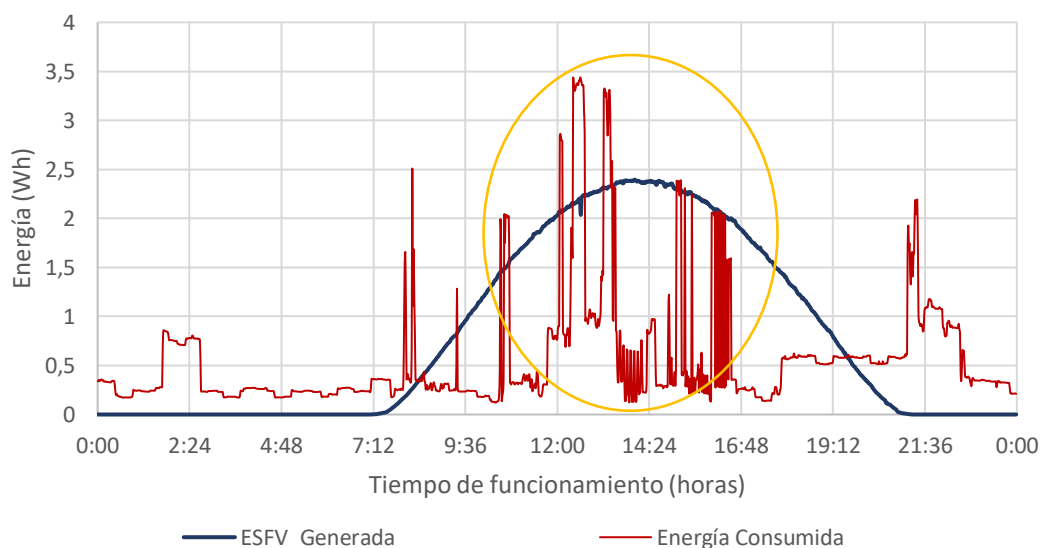


Ilustración 62. Perfil de consumo de la vivienda #4 en un día de mayo con gestión de cargas

En este caso, como se puede apreciar en la gráfica, el consumo de los electrodomésticos se ha trasladado hasta las horas centrales del día, de modo que se maximiza el aprovechamiento de la energía eléctrica generada. En este caso, los índices de autoconsumo y autosuficiencia alcanzan los valores de 39,65% y de 56,38% respectivamente.

Para intentar obtener los valores máximos de los índices de autoconsumo y autosuficiencia se han ido variando las horas de inicio de los electrodomésticos a lo largo del día del mismo modo que se ha hecho anteriormente. En la *tabla 28* se recogen cinco situaciones diferentes; en cada una de ellas los electrodomésticos han comenzado su ciclo de funcionamiento a una hora determinada y se han obtenido los índices de autoconsumo y autosuficiencia, así como su porcentaje de aumento con respecto a la situación en la que no hay gestión de cargas.

		Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4	Situación 5
Hora Inicio	Lavavajillas	12:00	11:00	11:00	10:00	10:00
	Lavadora	12:00	12:00	13:00	13:00	14:00
	Secadora	13:00	13:00	14:00	14:00	15:00
Iac		36,19%	38,21%	39,55%	38,46%	39,13%
% aumento Iac		6,91%	8,93%	10,27%	9,18%	9,85%
Ias		51,46%	54,34%	56,25%	54,69%	55,65%
% aumento Ias		9,82%	12,70%	14,61%	13,05%	14,01%

Tabla 27. Resultados de las situaciones estudiadas para la gestión de cargas.

Como se puede observar, cuanto más cercanos se encuentren los consumos de los electrodomésticos del medio día solar mayores son los valores de los índices de autoconsumo y autosuficiencia, lo que conlleva a un mayor aprovechamiento de la energía generada.

7.6. Conclusión de la gestión de cargas en la Vivienda #4

Si se comparan los dos casos estudiados inicialmente, sin y con gestión de cargas, se pueden comparar los valores de los índices de autoconsumo y autosuficiencia.

En el caso del índice de autoconsumo, como ya se ha visto, representa el porcentaje de energía solar fotovoltaica consumida con respecto del total de la generada por el Generador Fotovoltaico. Si se utiliza un sistema de gestión de cargas, este índice aumenta un 10,37%, lo que supone que se utilizará mayor energía fotovoltaica generada.

En el caso del índice de autosuficiencia, este representa el porcentaje de energía solar fotovoltaica consumida con respecto al consumo total de energía de la vivienda. En este caso, este índice aumenta un 14,74%, lo que supone que se cubrirá gran parte de la demanda de la vivienda con la energía generada por el Generador Fotovoltaico.

La gestión de cargas es un factor importante a la hora de instalar un Generador Fotovoltaico. En primer lugar, el mayor aprovechamiento de la energía generada por el Generador Fotovoltaico incidirá directamente en la factura eléctrica de la vivienda. A mayor energía generada utilizada, menor será la cantidad de energía utilizada de la red eléctrica y por tanto menor será el importe de la factura eléctrica. Este factor influirá directamente en la amortización y en el periodo de recuperación de inversión del Generador Fotovoltaico. Cuanto mayor sea el beneficio obtenido (mayor energía fotovoltaica se consuma) menor será el tiempo de recuperación de la inversión, por lo que lo interesante es utilizar la mayor cantidad de energía solar fotovoltaica generada ya que actualmente no está permitido el vertido a red de la energía generada no utilizada, lo que ayudaría a amortizar en un menor periodo de tiempo el coste del Generador Fotovoltaico.

8. Conclusiones

De los estudios que se han llevado a cabo en este trabajo se pueden sacar una serie de conclusiones que, en conjunto, pueden ayudar a la optimización del autoconsumo fotovoltaico.

Es importante tener en cuenta que este estudio se ha hecho para viviendas por lo que, como es evidente, a la hora de instalar un generador fotovoltaico existen una serie de parámetros que van a ser determinantes en la cantidad de energía fotovoltaica producida tales como la orientación y la inclinación. En zonas urbanas de nueva construcción, la tendencia general es la de orientar las viviendas hacia el sur, lo que ayuda a aumentar la producción de energía solar fotovoltaica. Como se ha demostrado en este trabajo, la influencia de la orientación sobre un sistema de autoconsumo fotovoltaico es menor del 10% con orientaciones de hasta 60° hacia el Este o el Oeste con respecto a un sistema orientado al sur y que maximiza la producción de energía.

Por otro lado, hay que considerar la inclinación del generador del sistema fotovoltaico, y que en principio, se puede corresponder con la propia inclinación del tejado de la vivienda. En España el CTE limita la inclinación de los tejados. Actualmente, en Andalucía la inclinación de los tejados se encuentra entre 15° y 20°, lo que hace que la diferencia de tamaño de generador difiera en torno a un 5% con respecto a la inclinación óptima. Por otro lado, se han observado incrementos de hasta el 70% del tamaño del GFV con respecto al óptimo para el caso de integración en fachada (inclinación de 90°)

En cuanto a la utilización de un generador fotovoltaico compartido, se ha observado, tras llevar a cabo el estudio, que aumenta el índice de autosuficiencia si se combinan dos viviendas diferentes. En ningún caso de los estudiados este índice ha disminuido, por lo que puede resultar beneficioso utilizar un generador fotovoltaico compartido.

De los parámetros analizados en este estudio, uno de los más interesantes con vistas a la optimización del autoconsumo fotovoltaico, y que puede llevarse a cabo fácilmente en viviendas, es la gestión de las cargas de una vivienda. DE hecho, este estudio se ha realizado a través de un dispositivo de monitorización cuyo coste es del orden de 50,00€, coste fácilmente asumible y que puede amortizarse en poco tiempo. Con la información ofrecida con este dispositivo puede conseguirse un aumento del orden del 15% de energía autoconsumida, lo que directamente incidirá en una disminución de la parte variable de la

factura de electricidad. Además, existe la posibilidad de cambiar hábitos de consumo, lo que no supone coste alguno y puede conseguir los mismos resultados, siempre y cuando se puede gestionar los electrodomésticos manualmente.

Bibliografía

[1] F2e.es. “*La energía en Europa*”. Disponible en:

<http://www.f2e.es/es/conceptos-basicos-sobre-la-energia>

[2] “*BP Statiscal Review de 2015*”. BP.

[3] Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético. “*Estudios, informes y estadísticas*”. Consulta: 27 de mayo de 2017. Disponible en:

<http://www.idae.es/index.php/idpag.802/recategoria.1368/reلمenu.363/mod.pags/mem.detalle>

[4] “*La energía en España 2015*”. Ministerio de industria, energía y turismo.

[5] “*Libro de la energía 2015*”. IDAE - EnR.

[6] “*Libro de la energía de 2016*”. UNEF.

[7] “*Informe Anual 2016. El tiempo de la Energía Solar Fotovoltaica*”. Unión Española Fotovoltaica. Consulta: 15 de junio de 2017. Disponible en:

https://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2016/08/Informe-Anual-UNEf-2016_El-tiempo-de-la-energia-solar-fotovoltaica.pdf

[8] “*Real decreto de autoconsumo: ¿cómo sacarle provecho?*”. Krannich Solar. Consulta: 20 de mayo de 2017. Disponible en:

<http://es.krannich-solar.eu/2015/10/20/aprovechar-real-decreto-de-autoconsumo/>

[9] “*EEG – Ley de Energías Renovables de Alemania*”. Consulta: 20 de mayo de 2017. Disponible en:

<https://www.hans-josef-fell.de/content/index.php/dokumente/vortraege-und-praesentationen/103-eeg-auf-spanisch/file>

[10] “*Repaso de los precios y estado de la energía en Europa en el 2016*”. Consultoría Energética Ipsom. Consulta: 25 de junio de 2017. Disponible en:

<https://www.ipsom.com/2017/01/repaso-de-los-precios-y-estado-de-la-energia-en-europa-en-el-2016/>

[11] “3.6. *Autoconsumo y balance neto*”. Energía y sociedad. Consulta: 25 de mayo de 2017. Disponible en:

<http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-6-autoconsumo-y-balance-neto/>

[12] RODRIGUEZ SERRANO, A. J. (Diciembre 2016). “*Estudio de consumo eléctrico de viviendas en España. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos aplicando los conceptos de autoconsumo y balance neto*”. Trabajo Fin de Grado.

Normativa consultada

- *Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.*
- *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.*
- *EEG – Ley de Energías Renovables de Alemania.*
- *La Ley de transición energética francesa para el crecimiento verde, de Agosto de 2015.*

Glosario de términos

FIT: Tarifa de suministro

FIP: Primas reguladas con el mercado

GEI: Gases de Efecto Invernadero

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

PVGIS: Photovoltaic Geographical Information System

SFCR: Sistema Fotovoltaico Conectado a Red

UNEF: Unión Española Fotovoltaica

UNESA: Asociación Española de la Industria Eléctrica (antes Unión Eléctrica S.A.)

ANEXOS

ANEXO I: VALORES DIARIOS MEDIOS MENSUALES DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS

	Vivienda #1 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	204	223	117	192	298	339	165	100	192	280	314	131
Hora 2	138	115	113	118	150	204	160	93	117	180	141	103
Hora 3	115	105	108	99	114	132	130	97	118	110	127	101
Hora 4	108	101	104	98	106	132	161	99	115	115	109	105
Hora 5	109	94	113	97	97	129	127	98	97	109	105	101
Hora 6	113	97	147	98	105	137	129	90	104	109	111	102
Hora 7	104	108	204	127	115	164	159	96	132	109	114	137
Hora 8	123	176	234	233	281	265	222	100	215	125	162	203
Hora 9	199	213	185	244	268	191	175	146	189	201	204	185
Hora 10	229	216	166	245	216	144	141	138	104	210	167	202
Hora 11	285	330	172	212	212	144	137	185	116	169	145	182
Hora 12	244	241	221	191	222	176	147	178	90	193	145	187
Hora 13	248	247	282	177	184	170	142	211	92	166	156	262
Hora 14	308	395	261	202	243	188	129	235	81	165	188	377
Hora 15	512	604	305	361	365	436	203	225	84	165	284	294
Hora 16	392	421	271	388	454	502	278	206	247	211	483	202
Hora 17	232	361	259	242	291	309	239	239	132	290	408	219
Hora 18	262	283	286	235	222	241	192	220	248	191	309	220
Hora 19	282	353	248	249	257	230	247	189	215	180	334	228
Hora 20	259	267	326	257	278	267	213	155	214	158	289	220
Hora 21	299	315	359	243	349	396	248	183	225	191	312	244
Hora 22	357	356	517	336	407	425	260	165	389	283	332	262
Hora 23	508	597	370	389	527	397	354	120	362	368	588	367
Hora 24	414	338	194	408	467	646	353	102	276	475	431	203

	Vivienda #2 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	406	392	443	443	209	151	180	103	209	185	440	456
Hora 2	400	398	330	330	165	160	247	80	162	248	235	372
Hora 3	218	209	320	320	125	128	238	114	101	222	228	336
Hora 4	333	298	283	283	67	129	231	101	98	118	102	292
Hora 5	308	287	215	215	160	101	178	95	126	113	202	276
Hora 6	199	174	255	255	172	142	143	108	125	142	155	347
Hora 7	297	274	324	324	128	159	152	108	144	118	229	253
Hora 8	1614	1544	980	980	342	267	149	70	626	282	1055	756
Hora 9	1299	1252	1201	1201	108	148	179	79	536	621	1258	1066
Hora 10	1091	1104	1001	1001	218	235	137	106	367	599	1003	1544
Hora 11	370	399	756	756	1005	718	236	110	221	678	647	1122
Hora 12	366	393	500	500	548	563	319	93	568	728	773	758
Hora 13	602	626	454	454	176	418	233	111	485	500	536	552
Hora 14	1250	1245	1030	1030	395	571	499	179	211	760	948	1664
Hora 15	923	912	1005	1005	410	935	547	146	654	593	685	1026
Hora 16	1383	1358	1261	1261	737	456	569	134	886	1086	1109	1076
Hora 17	1314	1295	1358	1358	176	313	321	128	300	1320	1301	1284
Hora 18	1315	1291	1286	1286	615	421	424	174	562	574	958	1092
Hora 19	1179	1184	941	941	334	369	380	133	546	600	795	829
Hora 20	570	567	699	699	336	297	324	144	233	972	642	562
Hora 21	1255	1249	1298	1298	561	427	345	133	804	335	858	1275
Hora 22	1557	1550	1494	1494	623	592	487	143	684	654	1438	1291
Hora 23	1535	1511	1458	1458	418	545	796	214	679	1116	1203	1226
Hora 24	1696	1684	1097	1097	374	470	373	185	351	925	1104	1146

	Vivienda #3 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	442	508	617	388	400	431	618	447	454	355	298	432
Hora 2	340	365	345	390	313	325	475	399	392	271	250	291
Hora 3	207	286	298	254	244	331	336	376	314	243	208	241
Hora 4	245	232	242	250	211	256	291	371	287	209	218	267
Hora 5	246	223	249	235	205	278	315	336	271	222	252	226
Hora 6	200	253	272	239	193	270	305	318	258	366	303	265
Hora 7	340	385	310	241	218	238	313	309	262	832	478	408
Hora 8	1508	1278	585	432	727	387	295	296	835	796	425	1254
Hora 9	745	644	1090	1048	477	279	286	321	476	665	747	710
Hora 10	1384	1484	1605	1617	495	468	330	527	476	485	891	1112
Hora 11	1325	1212	874	691	472	504	452	461	452	469	555	575
Hora 12	758	691	768	614	406	486	484	509	586	420	672	601
Hora 13	531	949	862	908	509	461	775	566	678	479	565	675
Hora 14	957	918	869	1040	526	532	1230	785	732	674	573	660
Hora 15	1065	1325	1346	1114	1016	1065	1688	1029	1048	1263	965	1015
Hora 16	973	1177	1146	953	609	584	1677	685	507	630	601	638
Hora 17	675	1212	1067	536	486	402	1599	661	478	430	618	887
Hora 18	1017	1356	728	475	486	421	1501	668	473	453	585	1001
Hora 19	1034	1116	888	583	499	511	1225	666	450	432	492	1137
Hora 20	1243	1182	937	654	335	365	945	530	415	379	597	1038
Hora 21	1382	1338	1123	709	331	385	822	455	395	489	605	1051
Hora 22	1087	1063	1464	824	614	461	725	489	655	701	790	972
Hora 23	1072	1104	1369	895	543	614	722	532	607	425	632	958
Hora 24	681	810	1115	636	1040	516	758	439	1081	1040	394	570

	Vivienda #4 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	199	187	237	174	157	198	346	272	243	274	301	324
Hora 2	276	161	194	171	145	182	298	287	238	207	282	329
Hora 3	257	172	181	142	145	182	276	273	241	177	180	183
Hora 4	167	150	173	143	146	171	251	250	215	168	165	163
Hora 5	151	169	218	180	177	181	223	234	192	172	163	153
Hora 6	522	504	514	558	556	290	262	243	187	454	377	162
Hora 7	772	768	545	434	383	326	242	236	246	258	395	470
Hora 8	638	772	562	419	338	479	251	239	334	367	488	566
Hora 9	476	563	548	515	315	484	259	281	390	343	375	402
Hora 10	369	652	601	553	398	460	436	312	589	499	543	580
Hora 11	801	837	810	575	623	529	619	462	638	683	935	1093
Hora 12	861	771	974	804	691	570	626	469	703	724	1205	1445
Hora 13	927	725	1104	794	761	683	648	521	818	853	1274	1511
Hora 14	1203	1067	1235	980	1002	661	860	787	883	809	1394	1676
Hora 15	1001	968	1003	992	914	547	804	708	705	665	1238	1493
Hora 16	975	1113	1041	1107	1126	649	997	895	778	679	1058	1261
Hora 17	890	1087	1002	1035	771	635	655	604	514	547	1183	1427
Hora 18	1125	919	831	832	603	519	598	471	430	484	1173	1410
Hora 19	1169	721	1031	698	697	393	499	508	436	412	1201	1429
Hora 20	1153	968	1135	737	799	396	391	389	433	539	1122	1355
Hora 21	1320	953	1121	910	855	544	440	399	558	601	891	1056
Hora 22	957	601	1030	824	787	517	463	514	621	636	691	738
Hora 23	816	431	836	774	587	445	514	521	483	586	558	526
Hora 24	321	275	549	326	317	374	448	389	297	398	382	364

	Vivienda #5 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	743	656	330	720	454	174	204	272	210	727	607	237
Hora 2	570	499	202	173	162	155	178	240	187	204	199	194
Hora 3	215	184	197	145	160	154	177	237	190	174	144	70
Hora 4	215	186	203	145	157	149	180	235	192	174	144	64
Hora 5	215	183	221	164	158	160	175	233	189	176	146	70
Hora 6	215	181	222	148	171	164	183	243	201	181	150	71
Hora 7	271	219	279	216	265	209	258	294	250	244	203	88
Hora 8	349	372	399	296	253	205	295	379	314	308	261	81
Hora 9	898	800	751	400	362	398	430	494	484	356	300	204
Hora 10	1485	1263	1347	683	452	439	440	483	584	452	397	320
Hora 11	1461	1284	1281	686	512	401	389	644	610	463	409	335
Hora 12	1455	1364	1191	640	592	420	541	773	643	442	373	251
Hora 13	1725	1408	1421	1023	867	717	1000	1093	833	930	773	440
Hora 14	1961	1673	1378	1180	1031	972	1297	1339	1153	983	815	385
Hora 15	1456	1283	1055	860	644	457	672	773	790	383	333	261
Hora 16	1043	752	937	531	518	550	927	990	727	316	264	162
Hora 17	1485	1000	941	585	548	782	1028	1281	716	365	325	272
Hora 18	1848	1337	1034	630	565	1237	1520	1862	994	597	511	376
Hora 19	1790	1386	1327	949	741	1342	1520	1895	1193	982	813	411
Hora 20	1510	1084	1076	1093	819	879	1175	1495	1470	1032	858	365
Hora 21	1018	703	840	819	836	819	822	871	900	690	572	258
Hora 22	1233	959	1082	1091	1017	743	816	881	869	706	586	316
Hora 23	1322	1076	1276	1300	1175	794	877	894	923	752	626	363
Hora 24	946	945	1038	1222	937	712	857	836	588	796	662	277

	Vivienda #6 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	284	345	431	322	361	343	852	707	607	218	231	243
Hora 2	243	260	336	255	270	241	374	358	372	180	184	189
Hora 3	212	218	245	222	274	190	271	290	211	208	198	186
Hora 4	207	214	229	210	231	184	260	279	177	181	179	176
Hora 5	214	195	315	258	226	183	243	209	168	176	179	182
Hora 6	247	427	296	264	280	186	197	187	222	240	269	293
Hora 7	830	1126	561	1006	756	241	207	192	304	442	372	250
Hora 8	905	1058	741	1272	946	281	229	238	339	727	645	533
Hora 9	542	337	651	877	678	277	226	273	252	343	722	871
Hora 10	779	559	1051	740	632	330	256	458	284	335	895	1070
Hora 11	1634	1262	731	1230	964	308	342	517	340	536	1450	1733
Hora 12	955	447	643	738	1036	1339	965	1338	1265	1343	1183	959
Hora 13	844	752	664	520	982	1190	856	1297	1030	868	1026	1146
Hora 14	998	1097	630	784	760	654	1111	1433	710	623	688	743
Hora 15	870	1046	652	830	679	404	1263	1633	662	484	590	666
Hora 16	931	996	637	840	1175	1280	1214	1269	597	521	644	732
Hora 17	856	667	603	668	922	814	824	503	535	440	672	799
Hora 18	846	482	537	505	553	246	683	464	379	342	759	915
Hora 19	977	792	600	570	741	300	553	509	488	276	679	815
Hora 20	1268	1254	858	690	876	236	905	1358	1431	457	698	830
Hora 21	1333	1207	1160	1296	1639	1259	892	1235	1374	677	714	747
Hora 22	992	1036	1011	890	1408	1386	982	1232	1462	517	569	613
Hora 23	611	645	763	557	707	791	572	456	491	413	472	519
Hora 24	360	400	559	489	480	520	1103	849	700	252	260	267

	Vivienda #Temp 1 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	309	285	285	291	350	265	118	139	247	315	329	307
Hora 2	256	256	247	228	240	185	109	148	156	231	275	259
Hora 3	245	234	227	210	183	161	116	131	144	179	240	235
Hora 4	229	224	218	208	195	167	113	131	139	181	232	237
Hora 5	228	217	215	196	204	162	112	135	124	183	225	225
Hora 6	220	216	192	172	202	167	110	128	135	176	223	216
Hora 7	275	261	250	186	471	331	114	115	188	472	448	266
Hora 8	367	339	296	224	522	516	116	125	205	458	448	292
Hora 9	281	338	266	186	348	277	117	120	159	438	514	344
Hora 10	254	394	312	261	589	289	116	119	145	805	465	441
Hora 11	308	471	328	253	609	305	111	115	152	726	454	459
Hora 12	391	414	320	294	629	325	110	125	174	687	574	499
Hora 13	411	462	401	323	657	302	125	142	189	658	545	492
Hora 14	466	467	535	473	560	302	117	124	190	758	592	590
Hora 15	806	928	979	831	1201	956	121	119	405	1261	966	883
Hora 16	522	520	502	426	1069	885	113	116	374	1158	765	626
Hora 17	469	418	463	328	670	490	111	115	228	687	606	594
Hora 18	544	481	480	402	605	330	120	112	196	493	605	498
Hora 19	552	561	602	368	652	286	122	115	248	467	634	603
Hora 20	506	558	552	446	705	322	124	120	232	563	833	458
Hora 21	705	529	602	556	959	511	125	151	290	904	858	589
Hora 22	580	506	630	562	963	821	132	135	322	933	655	702
Hora 23	367	502	435	522	775	456	115	138	418	715	572	406
Hora 24	343	321	338	340	606	489	114	151	403	539	437	355

	Vivienda #Temp 2 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	44	45	47	48	56	202	373	400	345	69	58	55
Hora 2	42	46	44	46	48	101	240	284	258	66	55	48
Hora 3	47	42	46	46	50	96	224	249	236	62	50	46
Hora 4	41	48	45	49	49	95	216	231	233	61	53	48
Hora 5	45	42	45	46	50	91	216	232	230	64	51	49
Hora 6	41	47	44	47	49	92	210	223	223	63	45	45
Hora 7	44	41	46	44	49	92	226	233	262	64	50	45
Hora 8	44	46	46	46	48	154	318	447	334	66	50	45
Hora 9	49	44	44	49	49	139	269	333	372	67	51	45
Hora 10	39	54	46	46	52	175	313	376	404	69	52	47
Hora 11	46	46	47	49	54	233	402	404	404	73	50	47
Hora 12	45	42	52	57	50	358	604	681	465	127	49	51
Hora 13	45	46	56	54	99	484	905	861	656	127	51	48
Hora 14	44	43	63	48	53	615	1087	1103	693	125	53	46
Hora 15	46	45	46	49	49	493	1246	1387	920	82	55	47
Hora 16	43	46	45	48	49	241	648	688	521	73	51	46
Hora 17	44	46	48	44	52	392	611	574	469	79	52	48
Hora 18	46	46	43	47	59	590	960	589	619	98	54	45
Hora 19	44	47	56	64	130	766	1127	586	864	91	65	47
Hora 20	43	48	49	55	49	845	1090	725	961	94	57	49
Hora 21	45	48	47	48	55	571	981	980	977	71	51	43
Hora 22	46	47	43	51	72	258	621	768	658	67	50	47
Hora 23	43	53	46	42	69	237	524	659	552	71	56	65
Hora 24	50	46	43	49	52	269	558	578	456	69	58	58

Combinación Vivienda #4 y Vivienda #5 - Energía Consumida (W)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	941	844	567	895	612	372	550	544	453	1001	908	561
Hora 2	846	660	396	344	307	337	476	527	426	411	481	523
Hora 3	472	356	378	287	306	336	453	510	431	351	324	253
Hora 4	382	336	375	288	303	320	431	485	407	342	310	227
Hora 5	366	353	439	344	335	341	399	467	381	348	309	223
Hora 6	737	685	736	707	727	454	445	486	388	635	527	233
Hora 7	1042	987	824	651	647	535	500	530	495	502	597	557
Hora 8	987	1144	962	715	591	685	545	618	648	675	749	647
Hora 9	1374	1363	1299	915	678	882	689	774	873	699	675	606
Hora 10	1854	1915	1949	1236	851	899	876	795	1173	951	940	900
Hora 11	2262	2121	2091	1261	1134	930	1008	1106	1248	1146	1345	1429
Hora 12	2317	2135	2165	1444	1284	991	1166	1242	1346	1166	1578	1697
Hora 13	2652	2133	2525	1818	1627	1400	1647	1614	1651	1783	2047	1951
Hora 14	3164	2740	2612	2161	2032	1633	2157	2127	2036	1792	2208	2060
Hora 15	2457	2251	2058	1852	1558	1004	1476	1481	1495	1048	1571	1754
Hora 16	2018	1865	1977	1638	1644	1199	1925	1885	1506	995	1322	1424
Hora 17	2375	2087	1943	1620	1319	1416	1683	1885	1230	911	1508	1698
Hora 18	2973	2255	1864	1462	1168	1756	2118	2333	1424	1081	1685	1786
Hora 19	2958	2107	2359	1648	1439	1735	2019	2403	1629	1394	2014	1840
Hora 20	2663	2052	2211	1830	1618	1275	1566	1884	1903	1571	1980	1720
Hora 21	2337	1656	1961	1730	1691	1363	1262	1270	1458	1291	1464	1314
Hora 22	2190	1561	2113	1915	1805	1260	1278	1395	1490	1342	1276	1054
Hora 23	2138	1507	2112	2074	1762	1239	1391	1415	1406	1338	1183	890
Hora 24	1267	1220	1587	1548	1254	1086	1306	1225	885	1194	1044	642

	Combinación Vivienda #4 y Vivienda #6 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	482	532	669	496	518	542	1198	979	849	492	532	567
Hora 2	519	421	531	426	416	423	671	645	610	387	466	517
Hora 3	469	390	426	364	419	372	547	563	452	385	378	369
Hora 4	375	363	402	353	377	354	511	530	393	349	344	340
Hora 5	365	364	533	438	404	364	466	443	360	348	342	335
Hora 6	769	931	810	822	836	477	458	430	409	694	646	456
Hora 7	1601	1894	1106	1440	1139	567	448	428	549	699	767	720
Hora 8	1543	1830	1304	1691	1284	760	479	477	672	1094	1133	1099
Hora 9	1018	901	1199	1392	994	761	485	553	641	686	1097	1273
Hora 10	1148	1211	1652	1293	1030	790	692	769	872	834	1438	1650
Hora 11	2435	2099	1541	1805	1587	838	961	979	977	1219	2385	2826
Hora 12	1817	1218	1617	1542	1728	1909	1590	1807	1968	2067	2388	2404
Hora 13	1770	1477	1768	1314	1743	1873	1503	1818	1848	1720	2300	2658
Hora 14	2201	2164	1865	1765	1762	1314	1971	2220	1593	1433	2082	2419
Hora 15	1871	2015	1655	1822	1593	951	2067	2341	1368	1149	1827	2159
Hora 16	1906	2109	1677	1947	2301	1928	2211	2164	1376	1199	1702	1993
Hora 17	1747	1754	1605	1703	1693	1449	1479	1107	1049	987	1854	2226
Hora 18	1971	1401	1367	1337	1156	764	1281	935	809	826	1933	2325
Hora 19	2146	1513	1631	1268	1438	693	1052	1017	924	689	1880	2244
Hora 20	2421	2221	1992	1427	1675	632	1296	1747	1864	996	1820	2185
Hora 21	2652	2160	2281	2207	2494	1803	1332	1634	1932	1278	1605	1803
Hora 22	1950	1637	2041	1715	2195	1903	1445	1746	2083	1152	1260	1351
Hora 23	1427	1076	1599	1331	1294	1237	1086	977	974	998	1030	1045
Hora 24	681	675	1107	815	796	893	1551	1237	997	650	641	631

	Combinación Vivienda #5 y Vivienda #6 - Energía Consumida (W)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hora 1	1027	1002	761	1042	815	517	1056	978	817	946	838	480
Hora 2	813	758	538	429	432	396	552	598	559	384	384	383
Hora 3	427	402	442	367	434	344	448	527	401	382	342	256
Hora 4	422	400	432	355	388	333	440	514	369	355	323	240
Hora 5	429	378	537	421	384	343	418	443	357	353	325	251
Hora 6	462	608	518	412	451	350	380	430	423	421	419	364
Hora 7	1100	1345	840	1223	1021	451	465	485	553	686	575	338
Hora 8	1254	1429	1140	1569	1199	486	523	617	653	1035	906	613
Hora 9	1440	1137	1402	1277	1041	674	657	766	735	698	1022	1075
Hora 10	2264	1821	2398	1423	1084	769	696	941	868	787	1292	1390
Hora 11	3096	2546	2012	1915	1476	709	732	1161	950	999	1859	2068
Hora 12	2411	1811	1834	1378	1629	1759	1506	2111	1908	1785	1556	1210
Hora 13	2568	2160	2085	1543	1849	1906	1855	2390	1863	1798	1799	1586
Hora 14	2959	2769	2008	1964	1791	1626	2408	2772	1862	1606	1503	1128
Hora 15	2326	2329	1707	1690	1323	861	1935	2406	1453	867	923	927
Hora 16	1974	1749	1574	1371	1693	1829	2141	2259	1325	837	908	894
Hora 17	2341	1667	1543	1253	1470	1596	1852	1784	1251	804	996	1071
Hora 18	2694	1819	1571	1135	1118	1483	2203	2326	1374	939	1271	1291
Hora 19	2767	2178	1927	1519	1482	1642	2074	2404	1681	1258	1492	1226
Hora 20	2778	2337	1934	1783	1695	1116	2080	2853	2901	1489	1556	1195
Hora 21	2351	1910	2001	2115	2475	2077	1714	2106	2274	1367	1286	1005
Hora 22	2226	1996	2094	1982	2425	2129	1798	2112	2331	1223	1154	929
Hora 23	1933	1721	2039	1857	1882	1585	1449	1350	1414	1165	1097	882
Hora 24	1307	1345	1597	1710	1417	1232	1960	1685	1288	1048	922	544

ANEXO II: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA ORIENTACIÓN

Índice

Introducción	118
II.I. Influencia de la orientación en la Vivienda #1	118
II.II. Influencia de la orientación en la Vivienda #2	119
II.III. Influencia de la orientación en la Vivienda #3	120
II.IV. Influencia de la orientación en la Vivienda #4	121
II.V. Influencia de la orientación en la Vivienda #5	122
II.VI. Influencia de la orientación en la Vivienda #6	123
II.VII. Influencia de la orientación en la Vivienda #Temp 1.....	124
II.VIII. Influencia de la orientación en la Vivienda #Temp 2	125

Introducción

A continuación se recogen las ilustraciones que muestran las curvas de los índices de autoconsumo y autosuficiencia de cada una de las viviendas estudiadas para un tamaño del generador fotovoltaico comprendido entre 1 kW y 10 kW.

II.I. Influencia de la orientación en la Vivienda #1

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 1,50 kW.

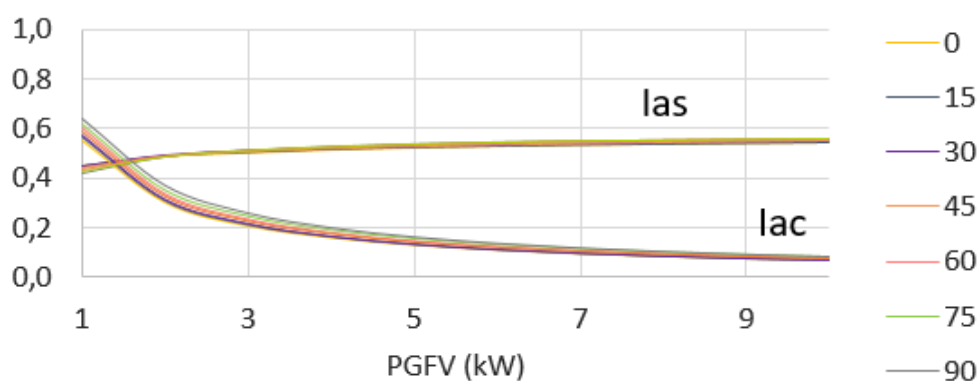


Ilustración 63. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #1

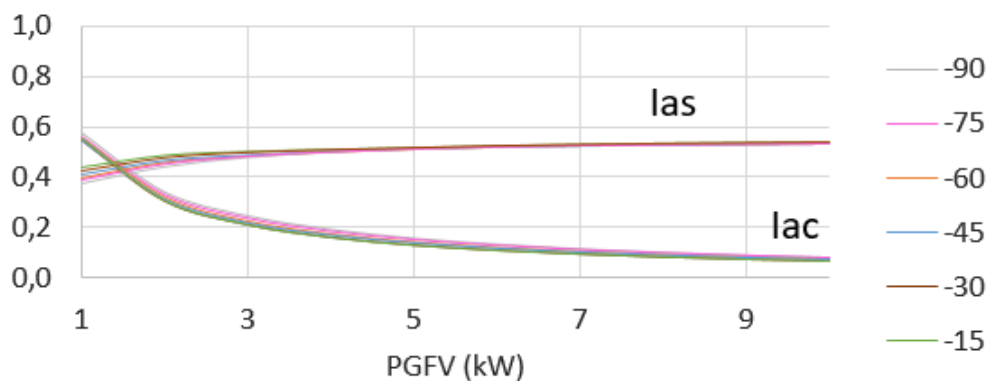


Ilustración 64. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #1

II.II. Influencia de la orientación en la Vivienda #2

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,65 kW.

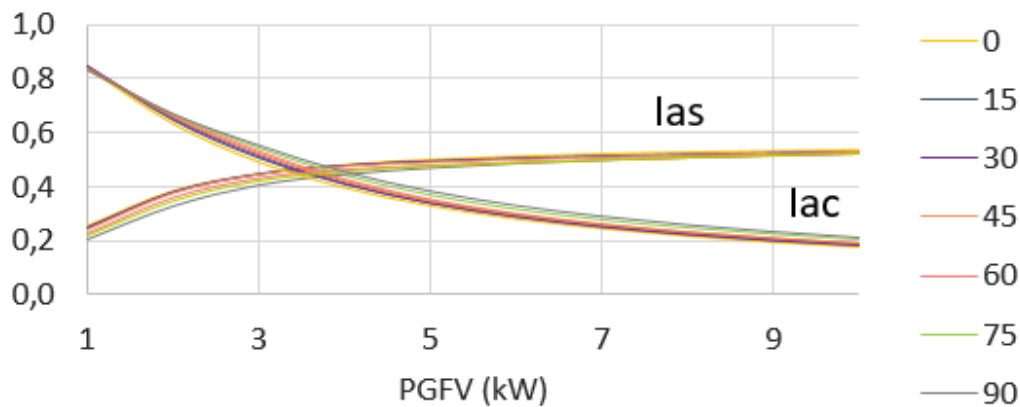


Ilustración 65. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #2

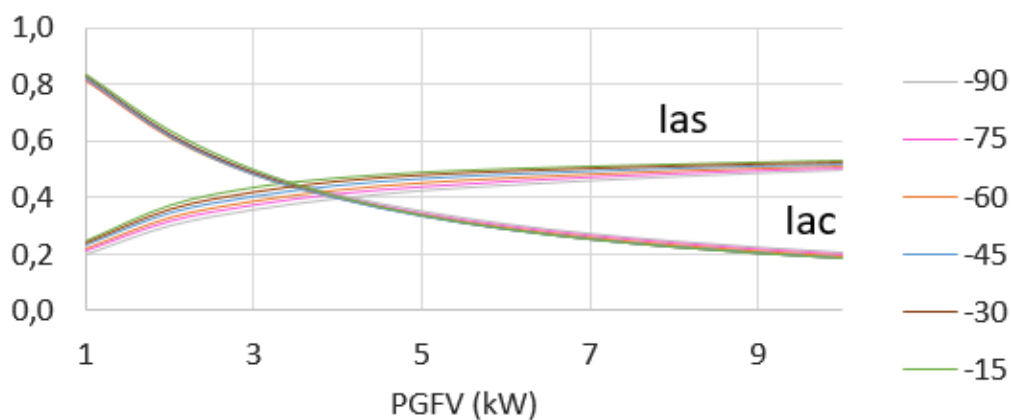


Ilustración 66. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #2

II.III. Influencia de la orientación en la Vivienda #3

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,90 kW.

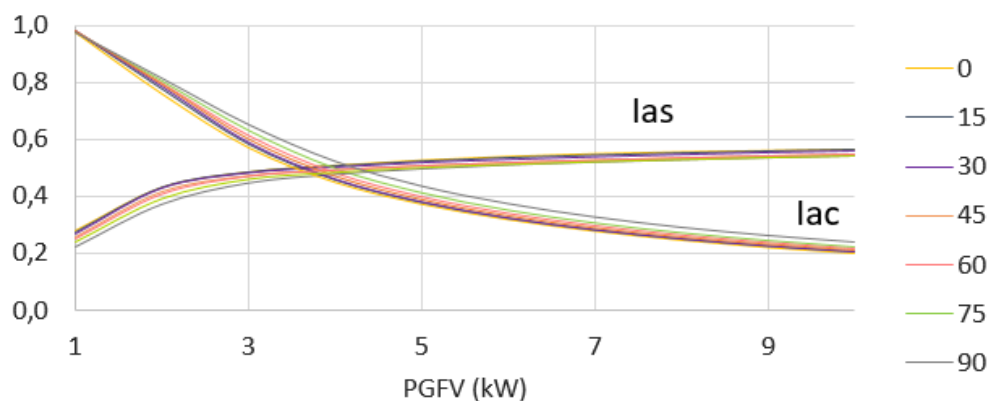


Ilustración 67. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #3

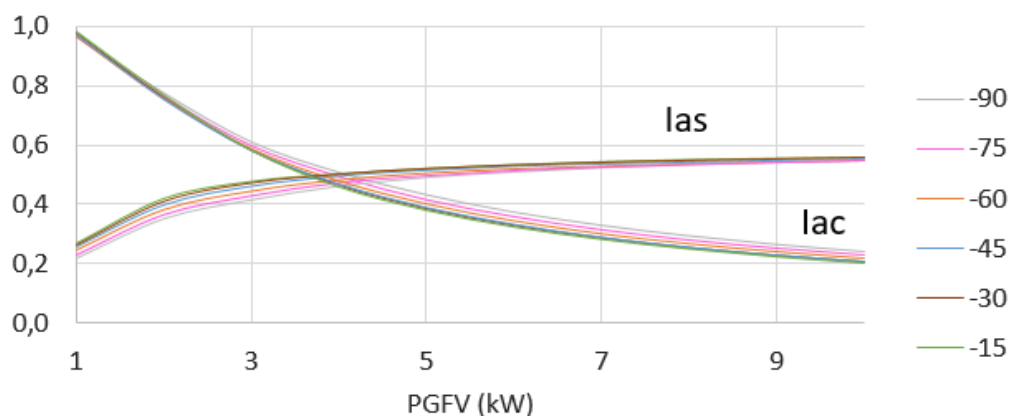


Ilustración 68. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #3

II.IV. Influencia de la orientación en la Vivienda #4

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,50 kW.

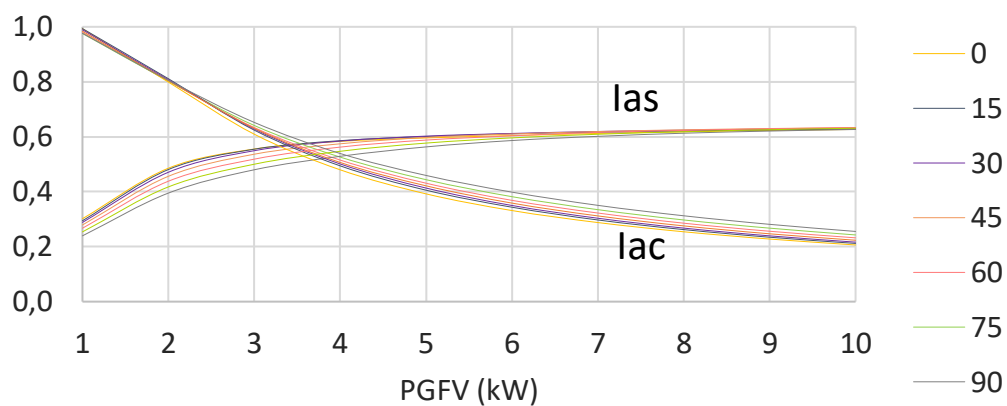


Ilustración 69. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #4

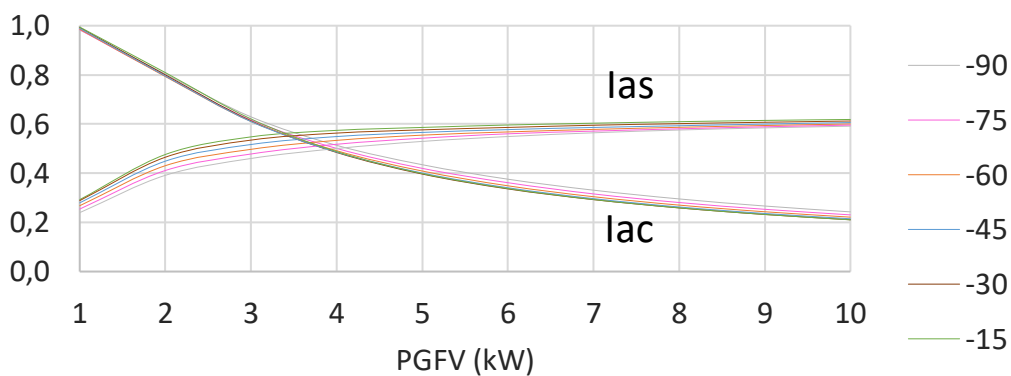


Ilustración 70. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #4

II.V. Influencia de la orientación en la Vivienda #5

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,75 kW.

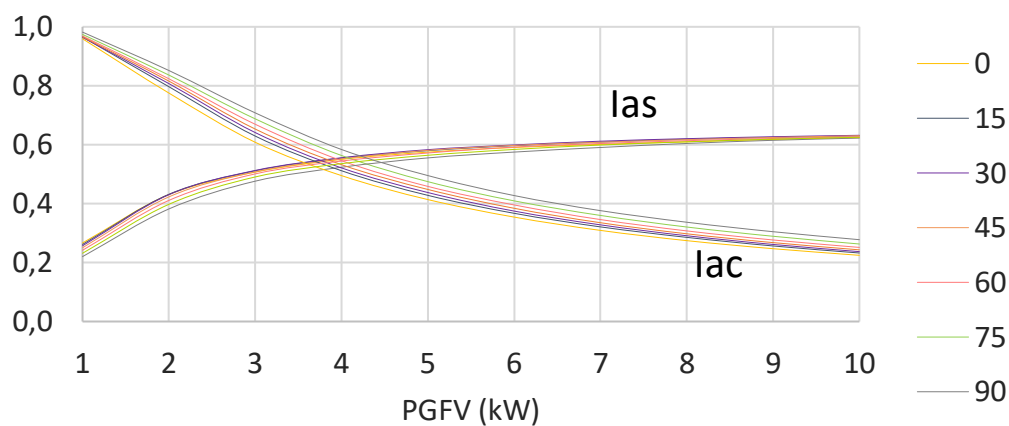


Ilustración 71. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #5

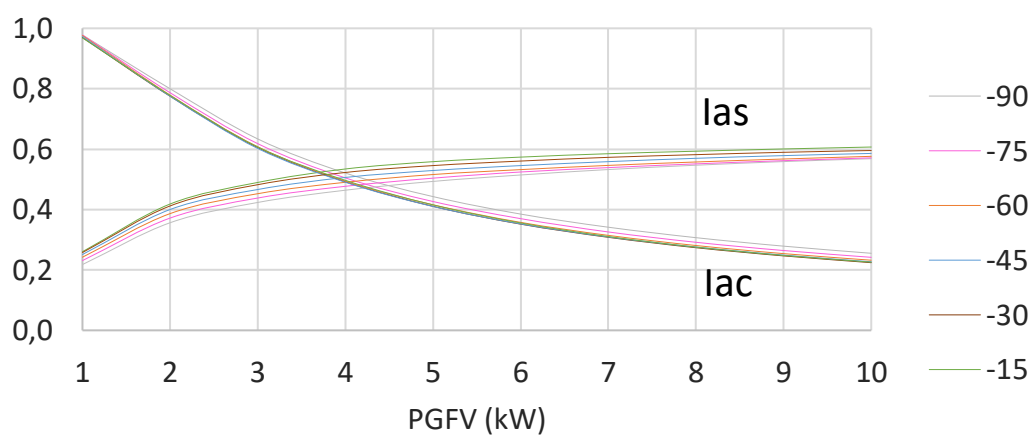


Ilustración 72. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #5

II.VI. Influencia de la orientación en la Vivienda #6

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,75 kW.

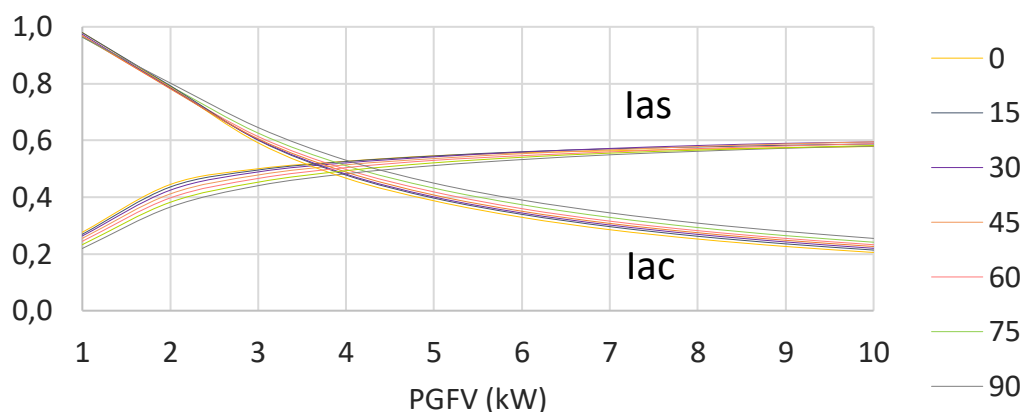


Ilustración 73. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #6

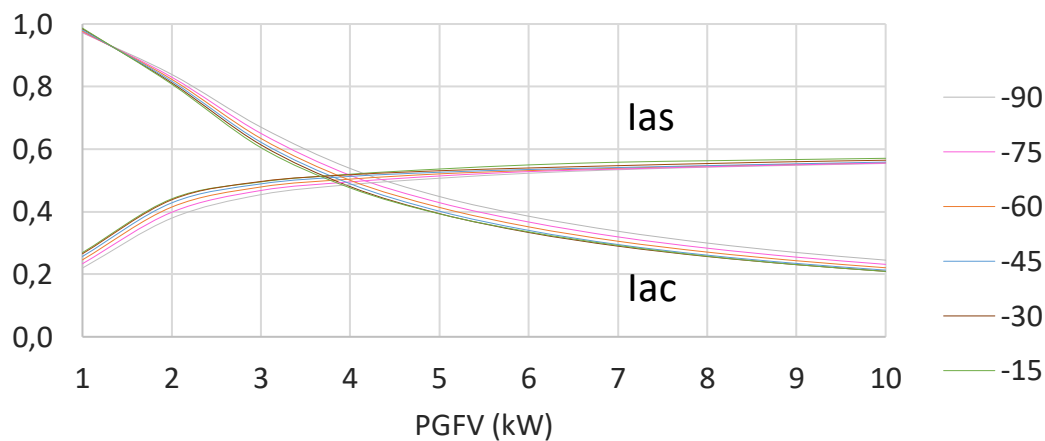


Ilustración 74. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #6

II.VII. Influencia de la orientación en la Vivienda #Temp 1

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 2,30 kW.

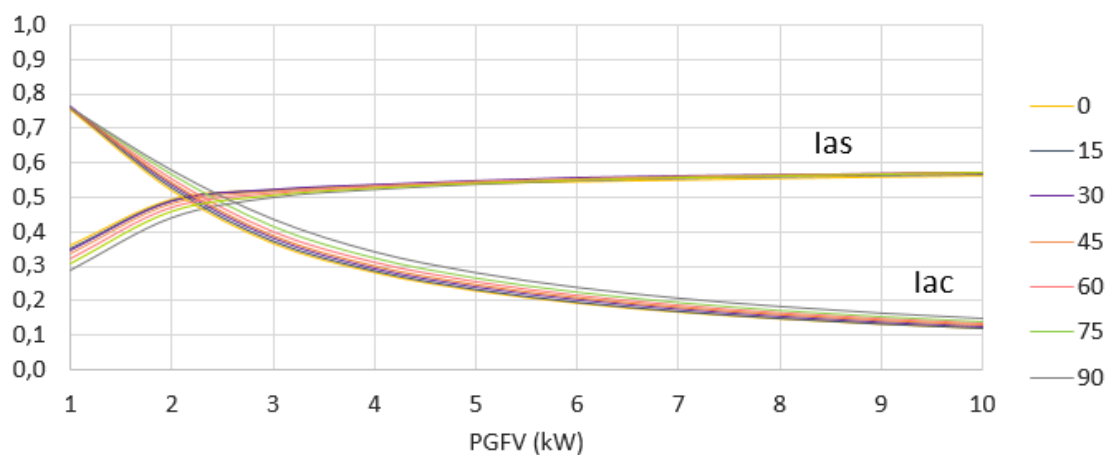


Ilustración 75. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #Temp 1

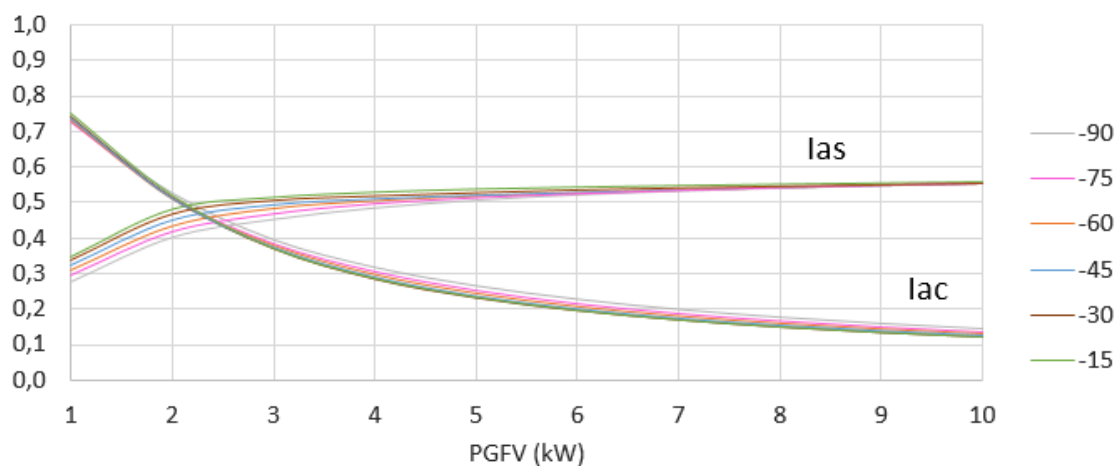


Ilustración 76. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #Temp 1

II.VIII. Influencia de la orientación en la Vivienda #Temp 2

El punto ZEB para esta vivienda corresponde con un tamaño del generador fotovoltaico de 3,75 kW.

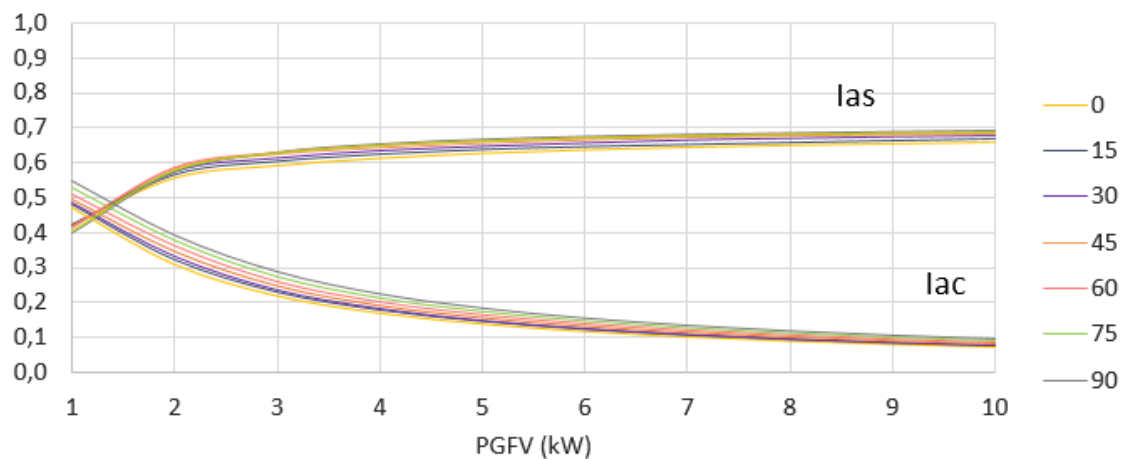


Ilustración 77. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones positivas de la Vivienda #Temp 2

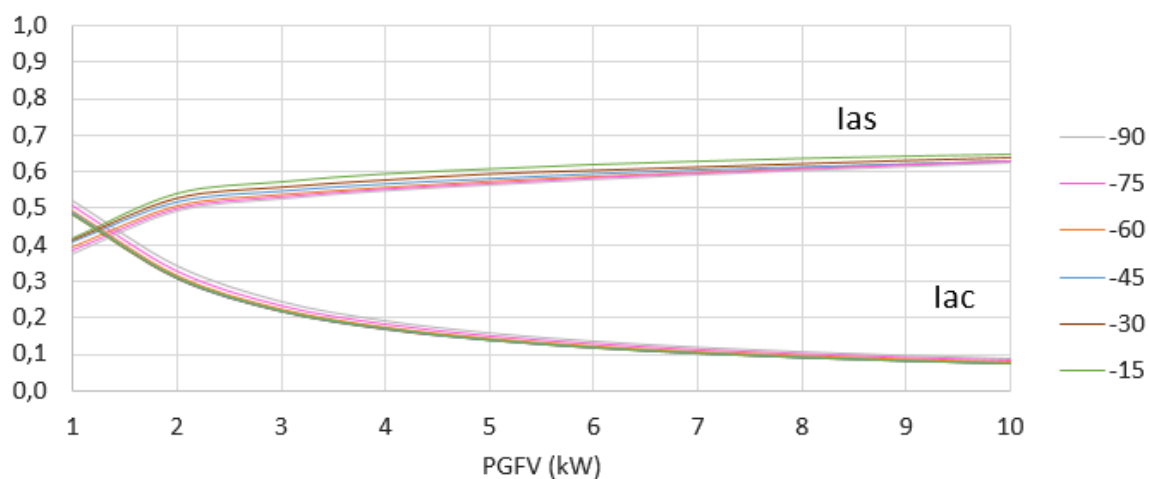


Ilustración 78. Índices de autoconsumo y autosuficiencia para orientaciones negativas de la Vivienda #Temp 2

ANEXO III: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA INCLINACIÓN

Índice

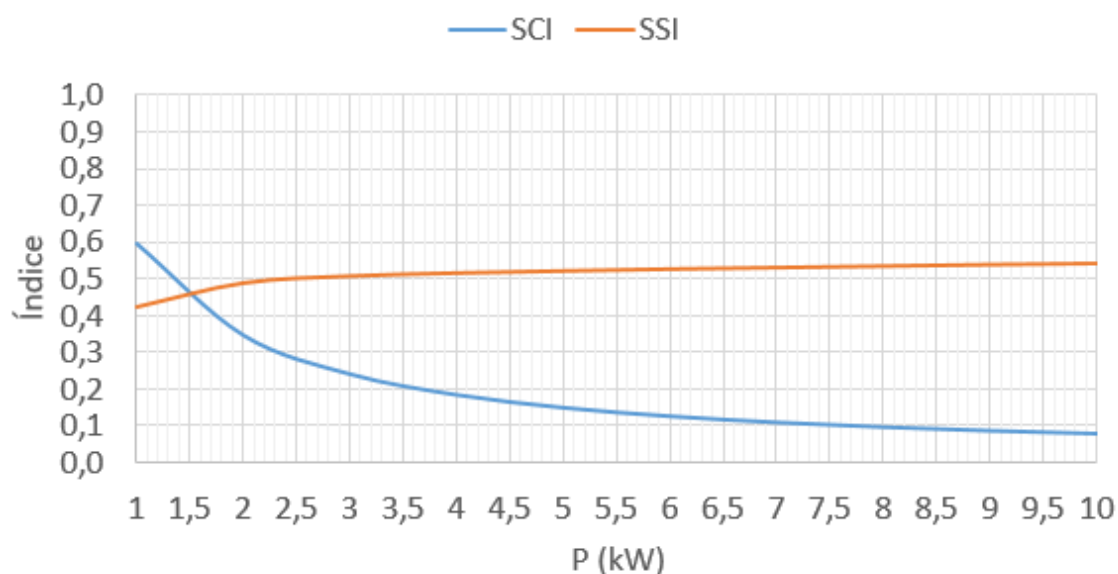
Introducción	128
III.I. Influencia de la inclinación en la Vivienda #1	128
III.II. Influencia de la inclinación en la Vivienda #2	130
III.III. Influencia de la inclinación en la Vivienda #3	132
III.IV. Influencia de la inclinación en la Vivienda #4	134
III.V. Influencia de la inclinación en la Vivienda #5	136
III.VI. Influencia de la inclinación en la Vivienda #6	138
III.VII. Influencia de la inclinación en la Vivienda #Temp 1	140
III.VIII. Influencia de la inclinación en la Vivienda #Temp 2	142

Introducción

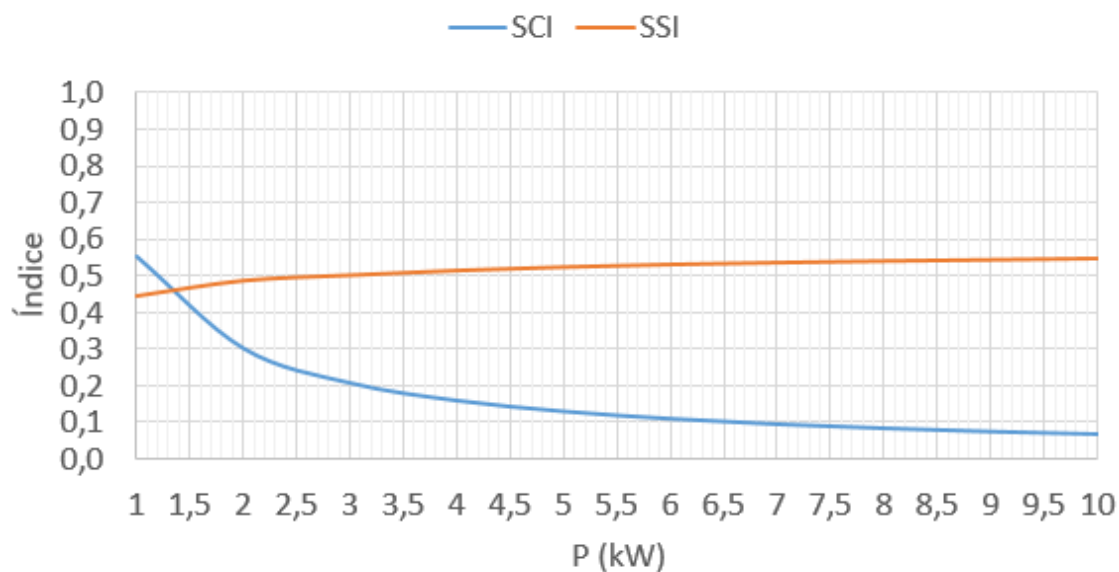
A continuación se recogen las ilustraciones que muestran las curvas de los índices de autoconsumo y autosuficiencia de cada una de las viviendas estudiadas para un tamaño del generador fotovoltaico comprendido entre 1 kW y 10 kW y para las inclinaciones de 0°, 30°, 60° y 90°.

III.I. Influencia de la inclinación en la Vivienda #1

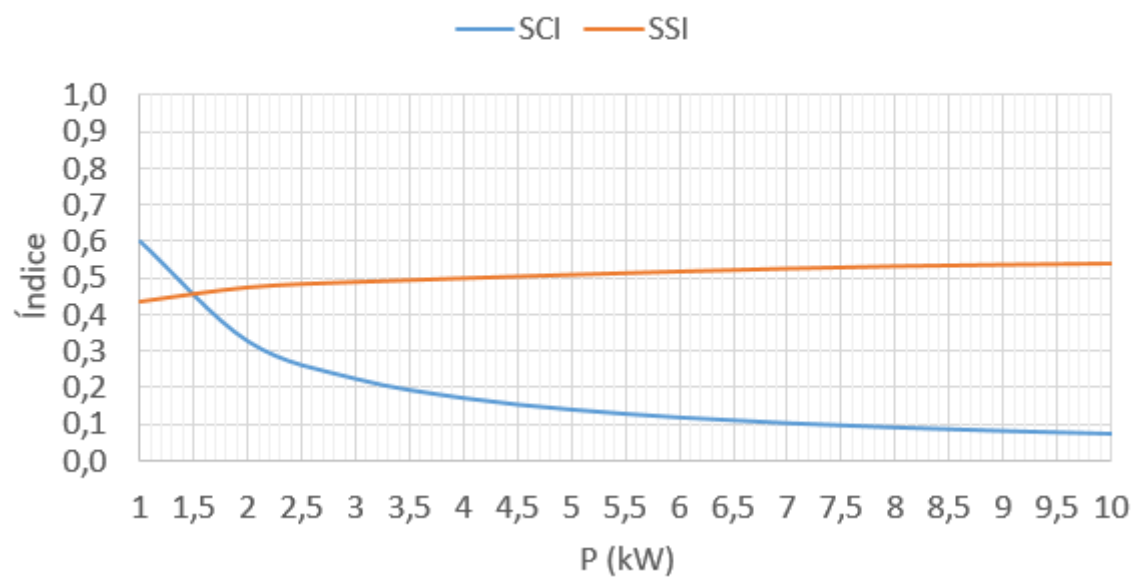
Orientación Sur, Inclinación del plano 0°



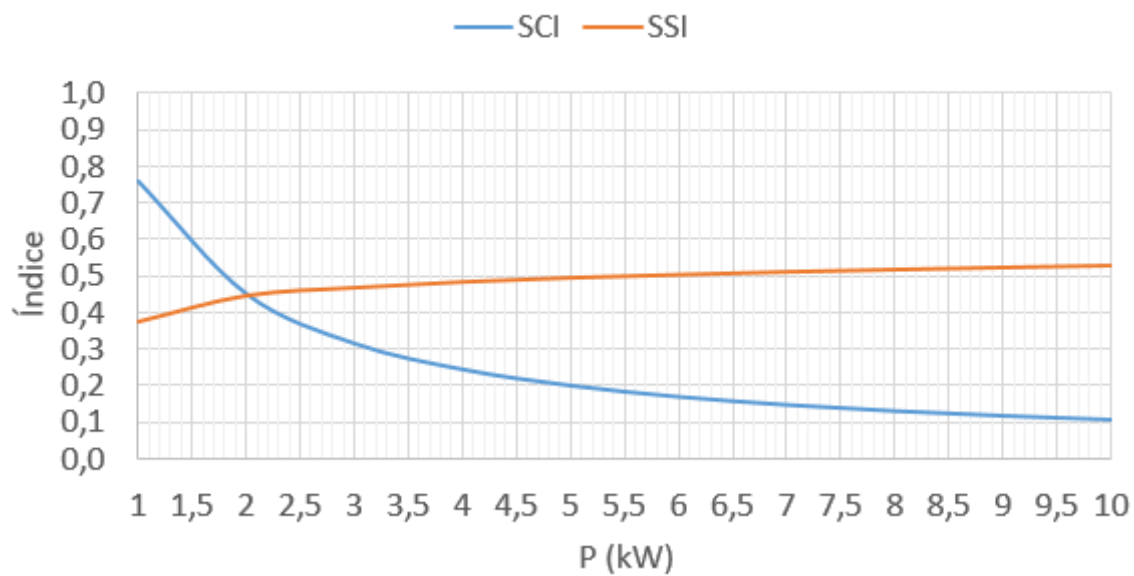
Orientación Sur, Inclinación del plano 30°



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

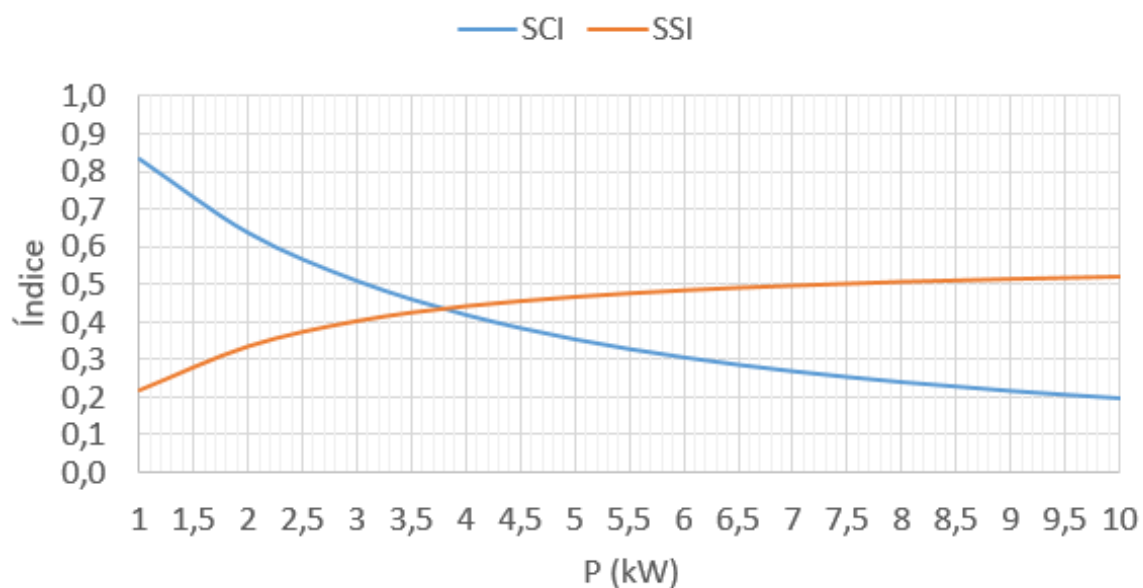


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

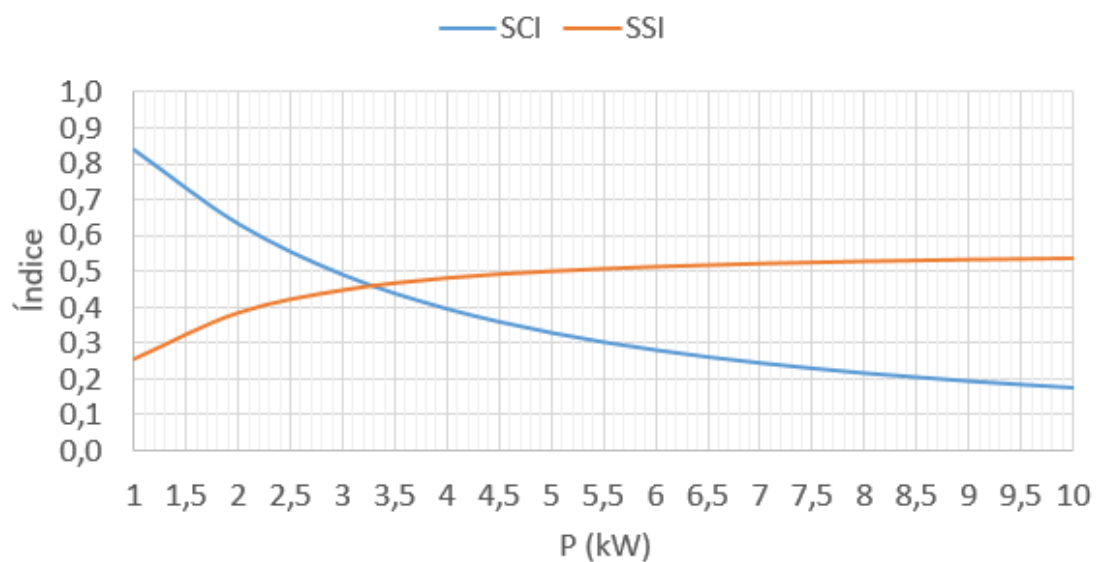


III.II. Influencia de la inclinación en la Vivienda #2

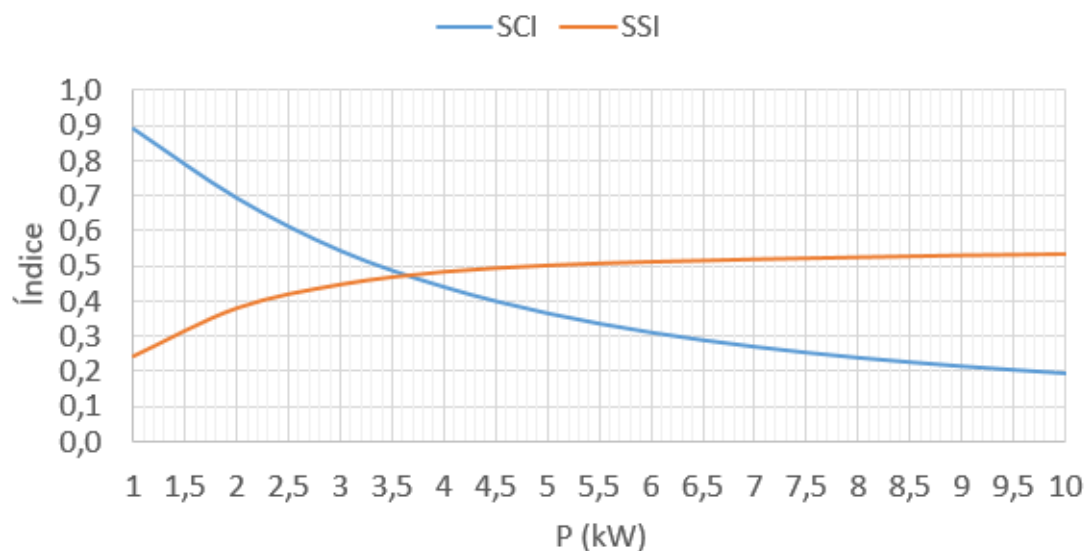
Orientación Sur, Inclinación del plano 0°



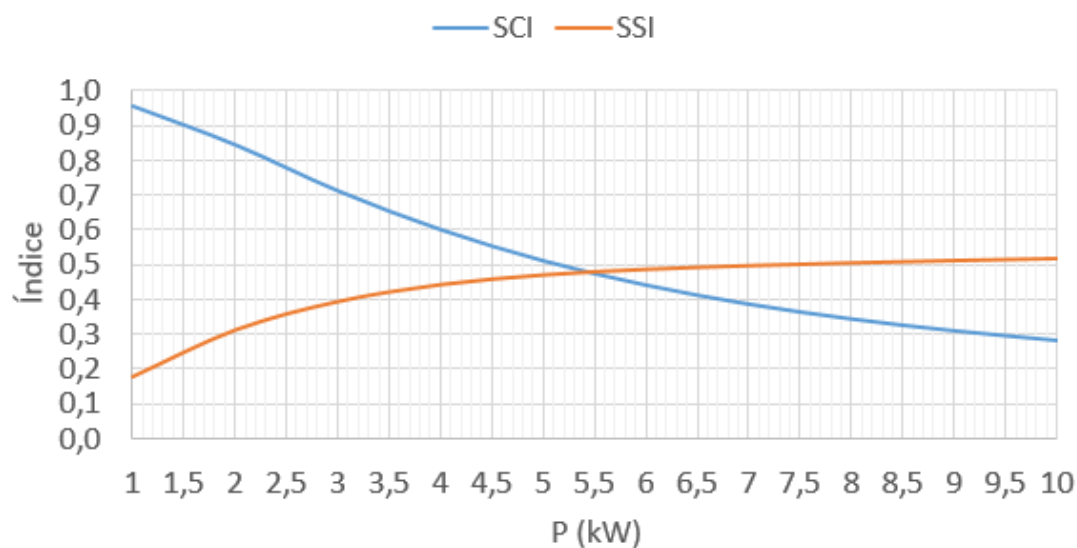
Orientación Sur, Inclinación del plano 30°



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

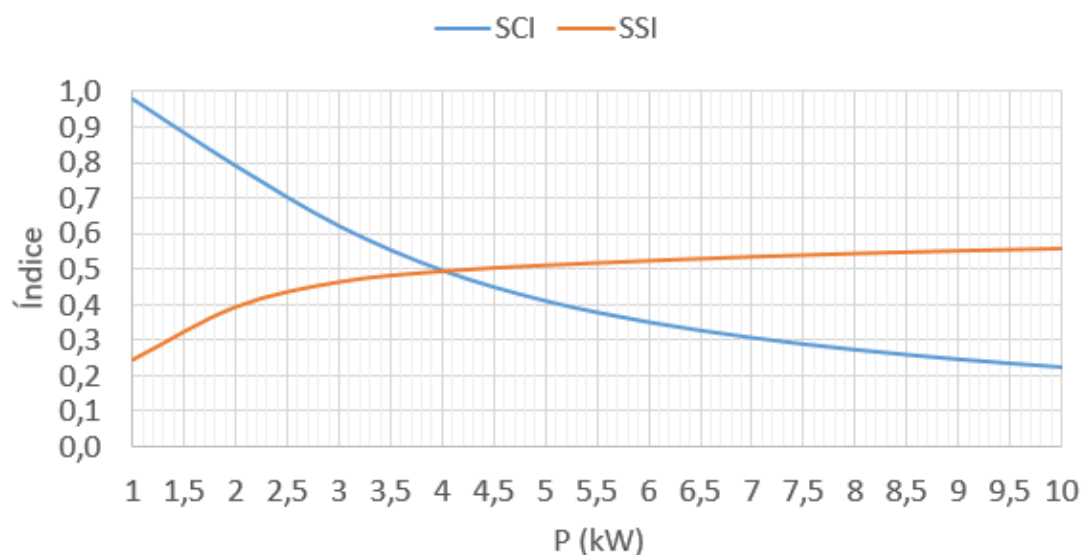


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

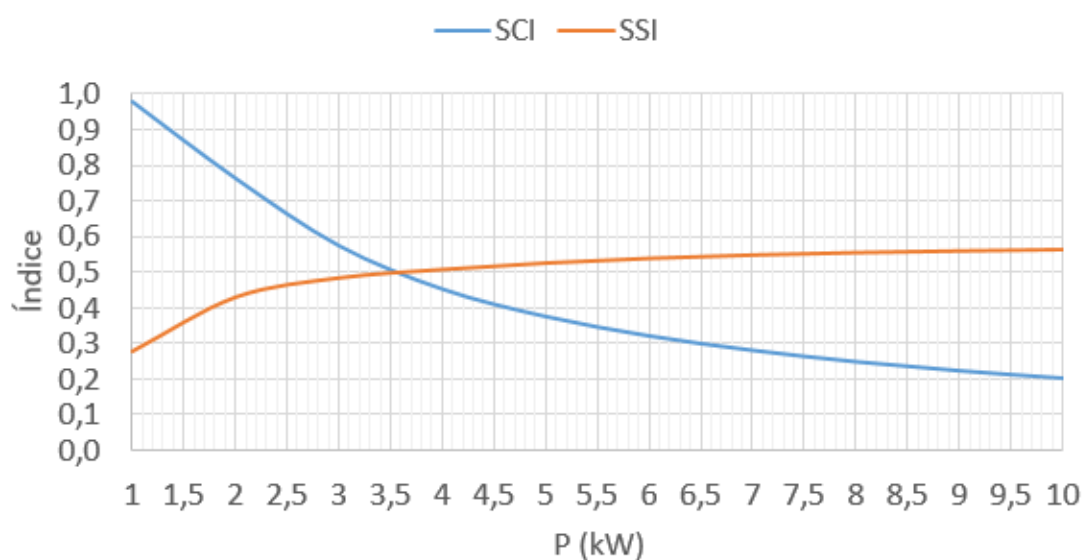


III.III. Influencia de la inclinación en la Vivienda #3

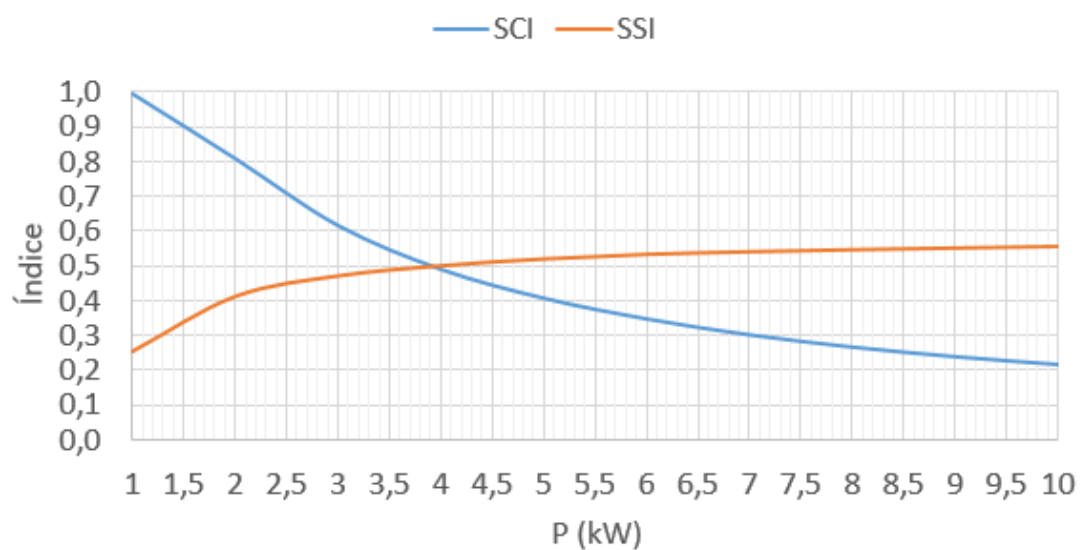
Orientación Sur, Inclinación del plano 0°



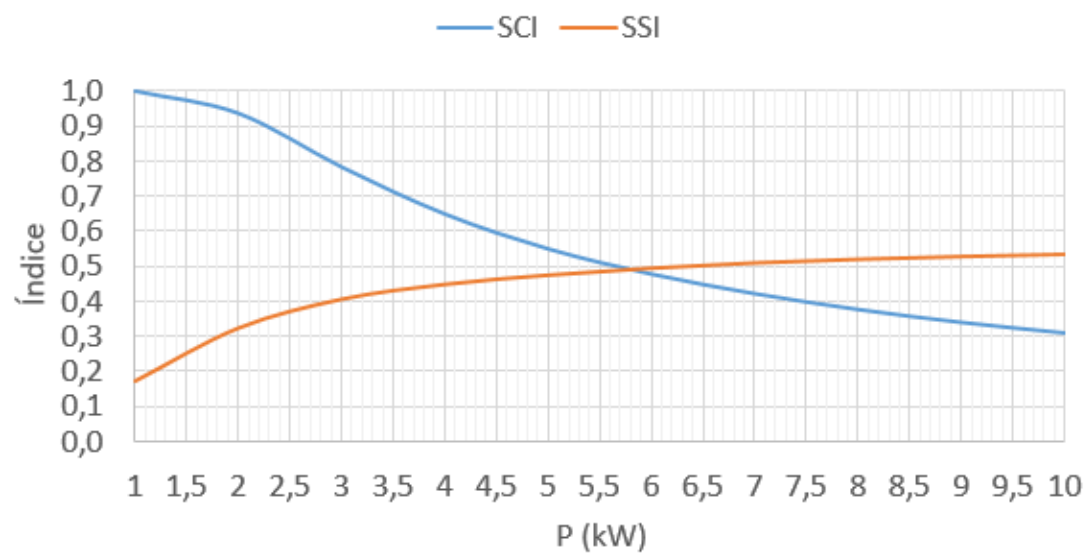
Orientación Sur, Inclinación del plano 30°



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

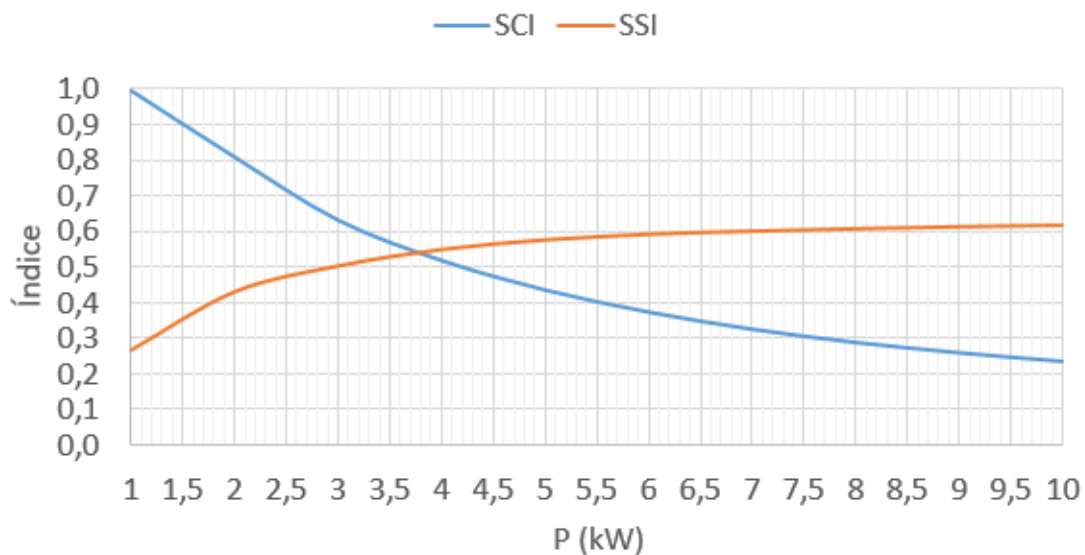


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

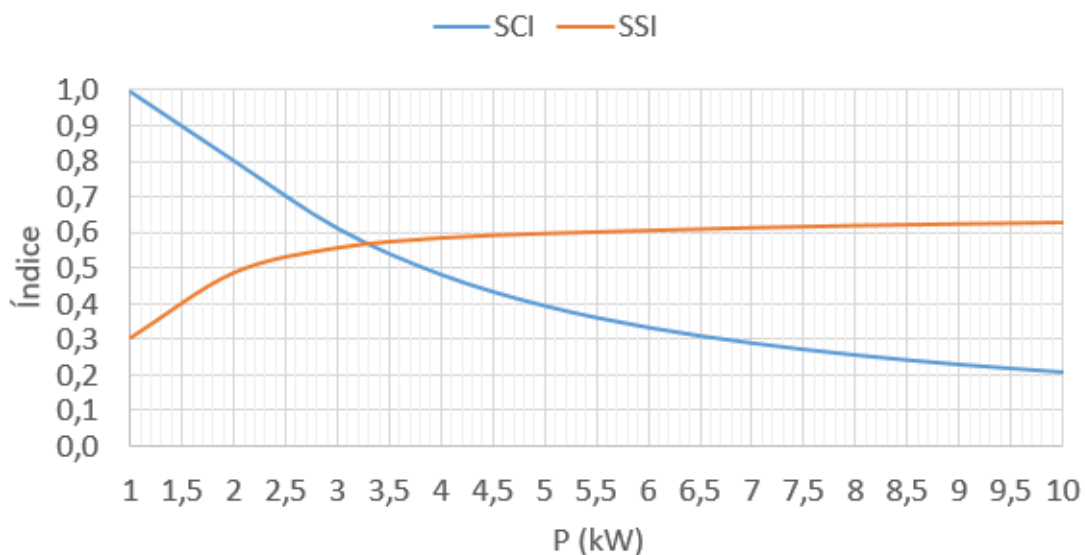


III.IV. Influencia de la inclinación en la Vivienda #4

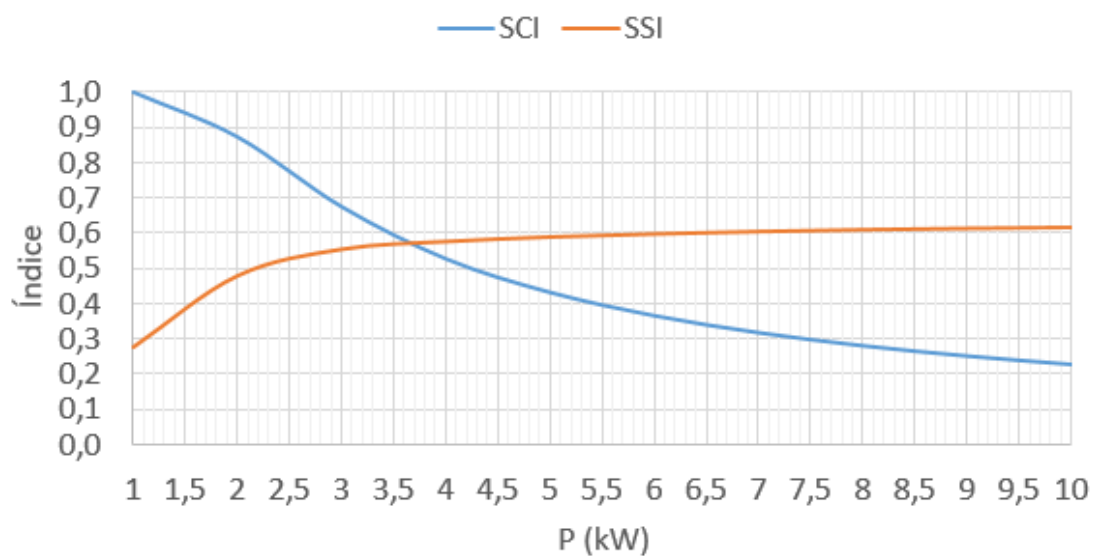
Orientación Sur, Inclinación del plano 0º



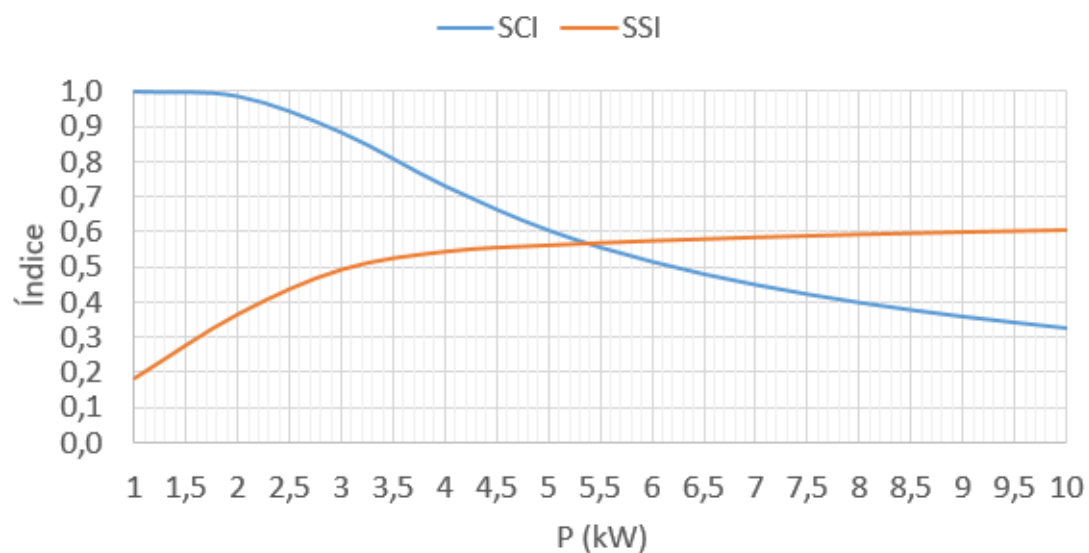
Orientación Sur, Inclinación del plano 30º



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

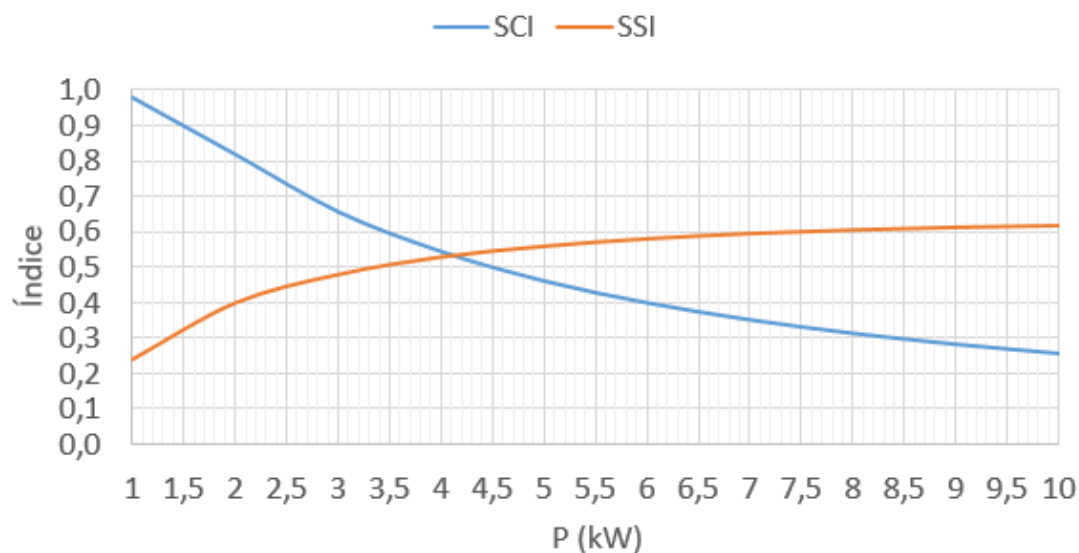


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

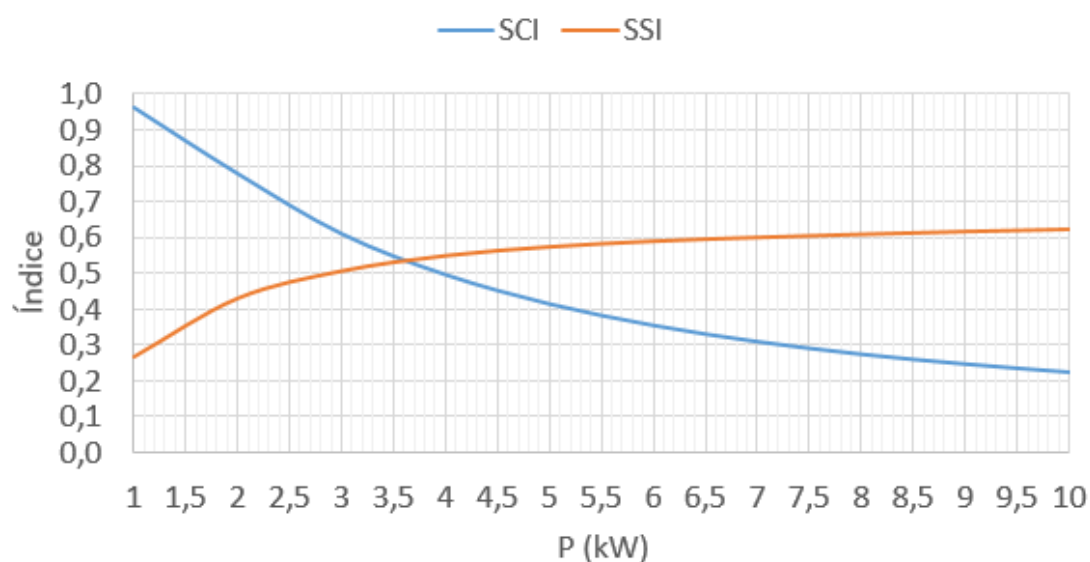


III.V. Influencia de la inclinación en la Vivienda #5

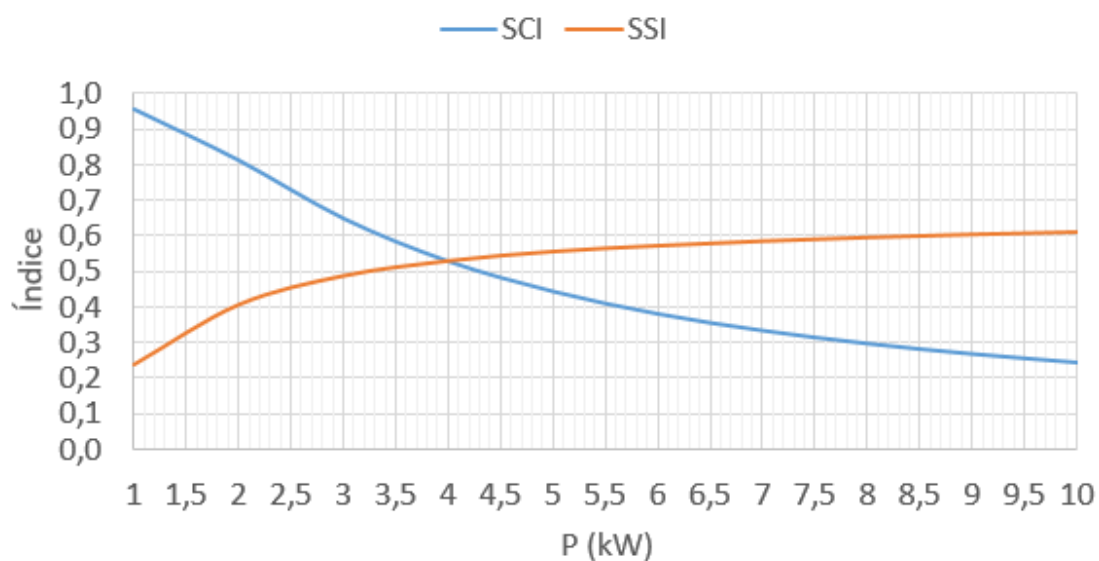
Orientación Sur, Inclinación del plano 0º



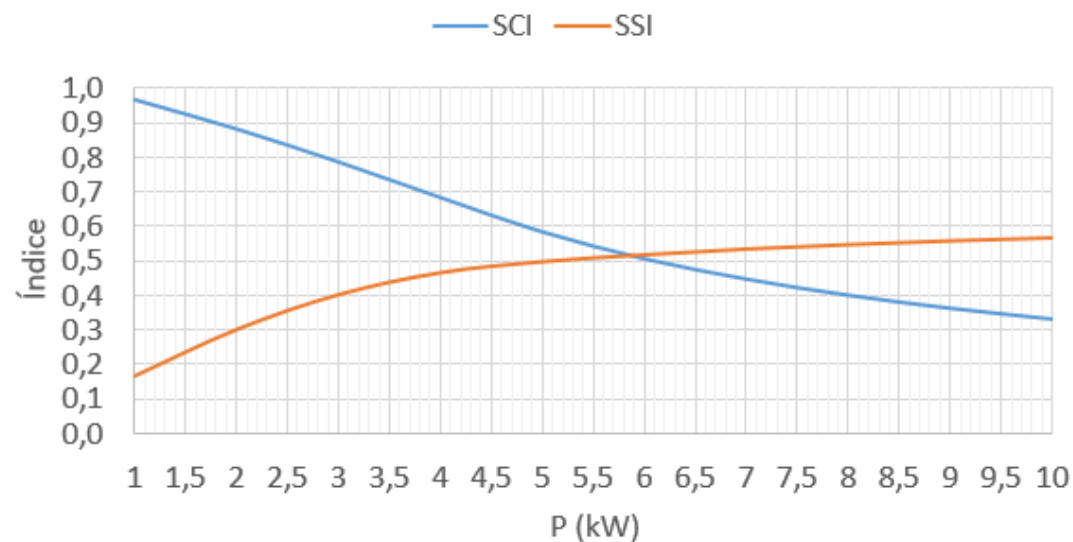
Orientación Sur, Inclinación del plano 30º



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

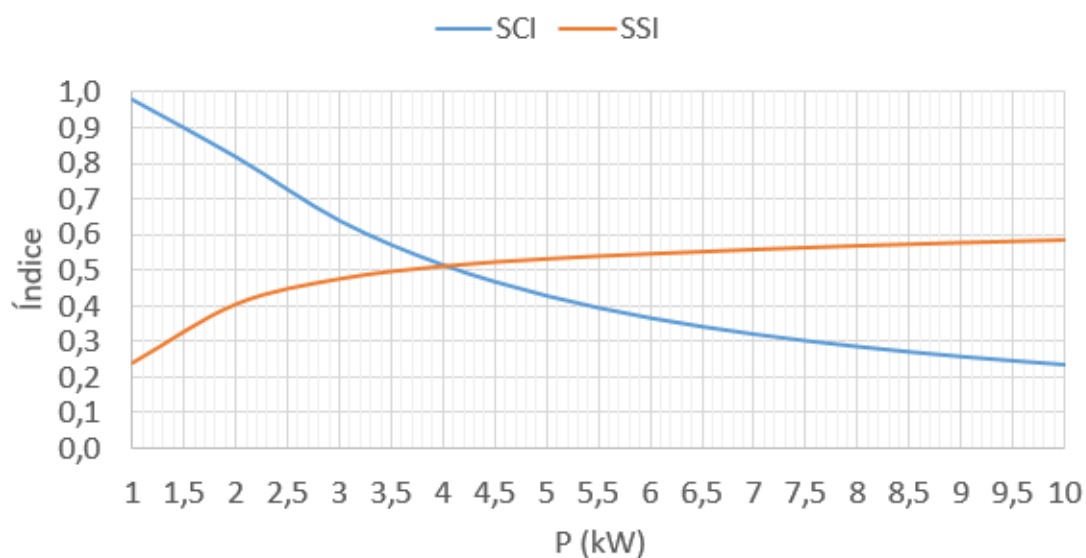


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

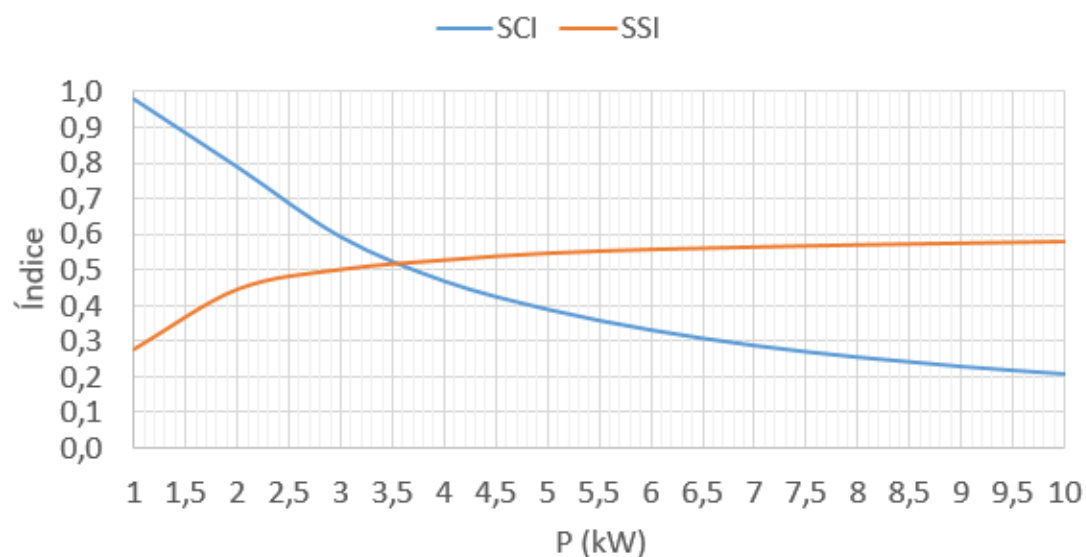


III.VI. Influencia de la inclinación en la Vivienda #6

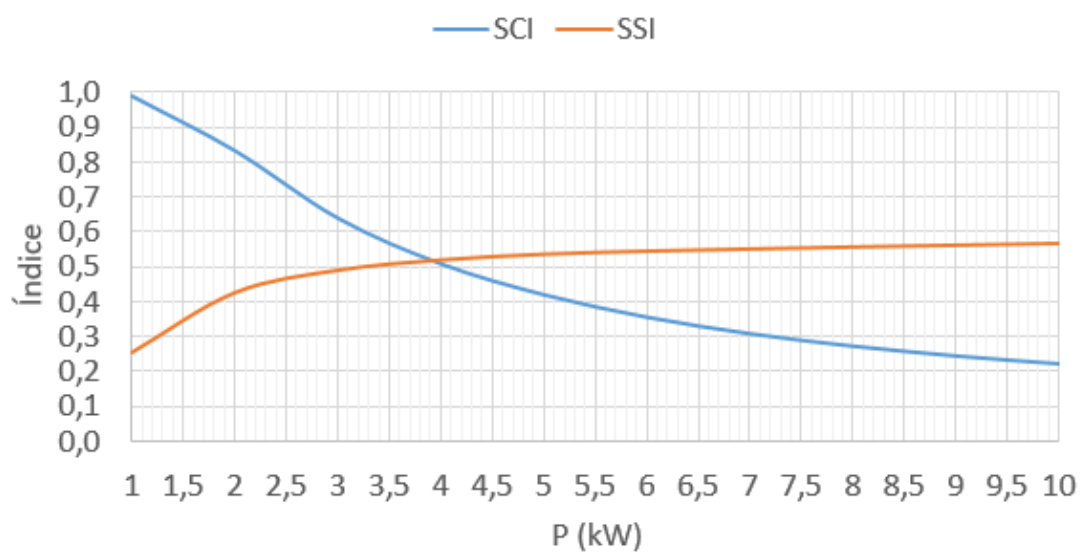
Orientación Sur, Inclinación del plano 0°



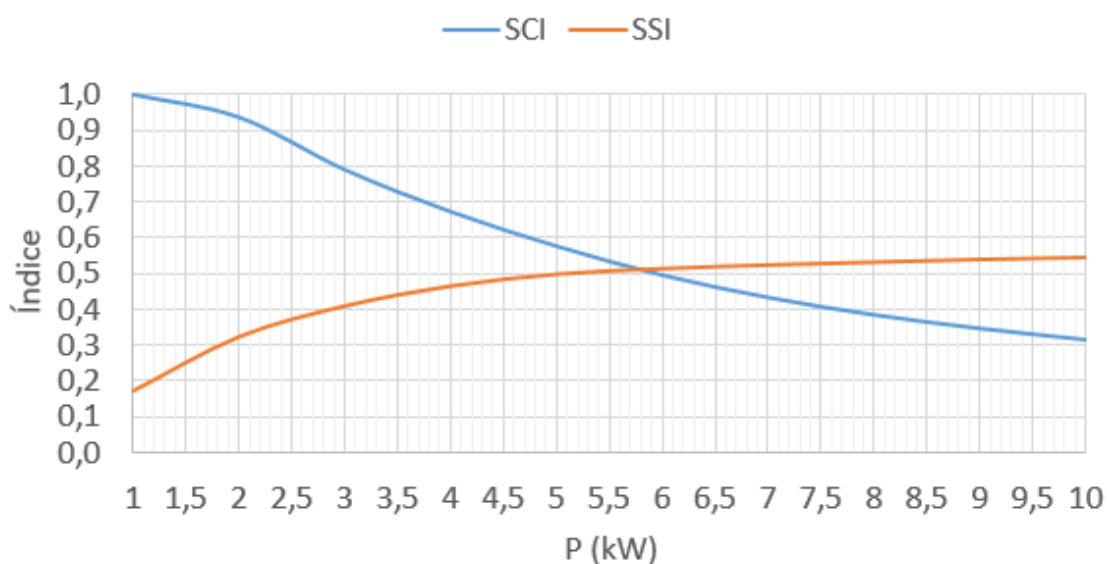
Orientación Sur, Inclinación del plano 30°



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º

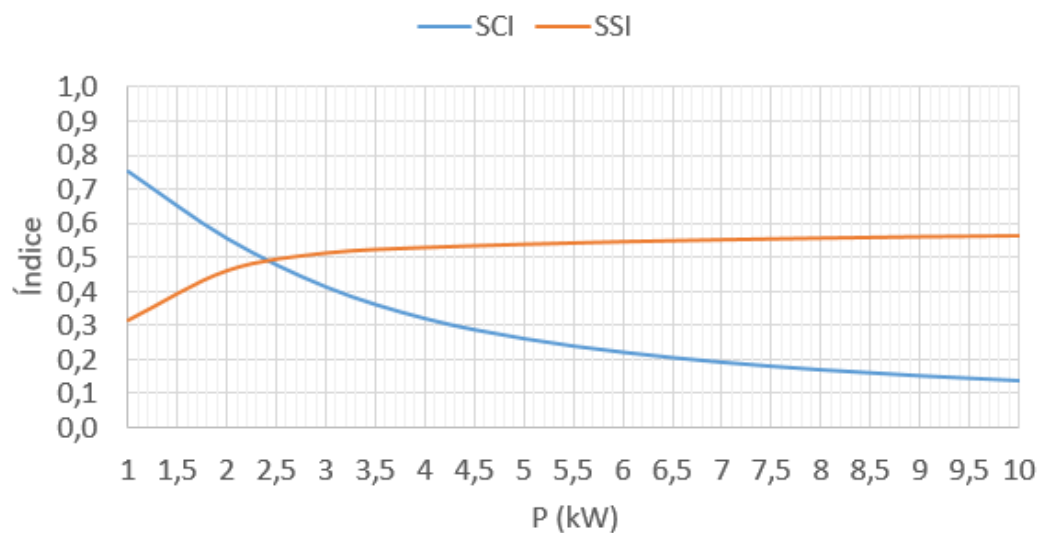


Orientación Sur, Inclinación del plano 90º

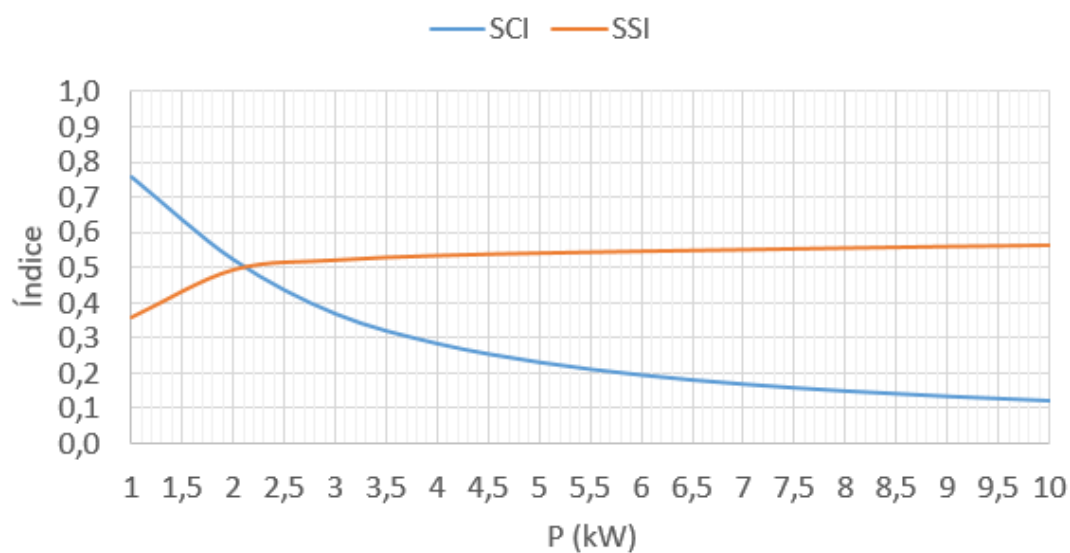


III.VII. Influencia de la inclinación en la Vivienda #Temp 1

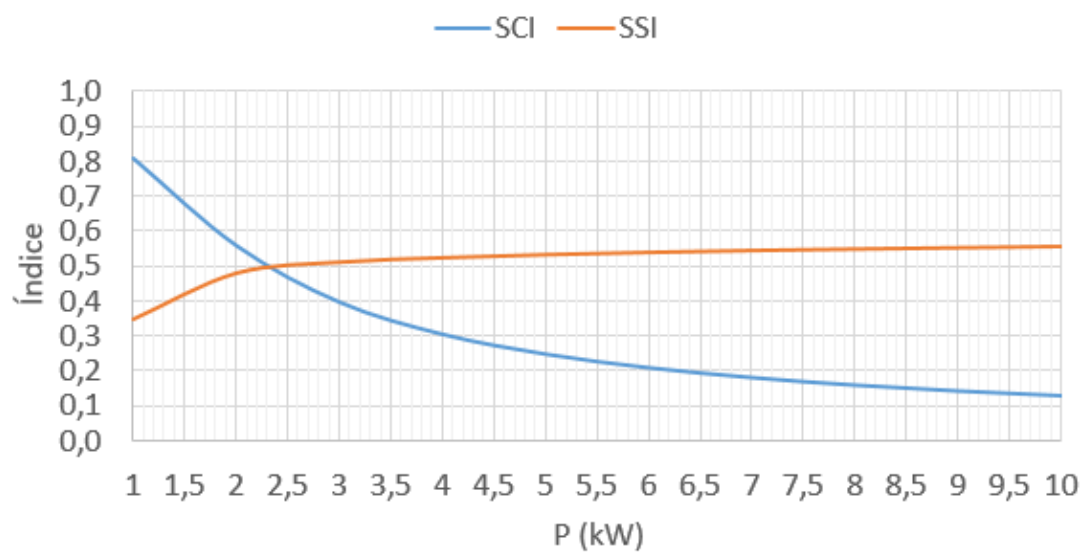
Orientación Sur, Inclinación del plano 0º



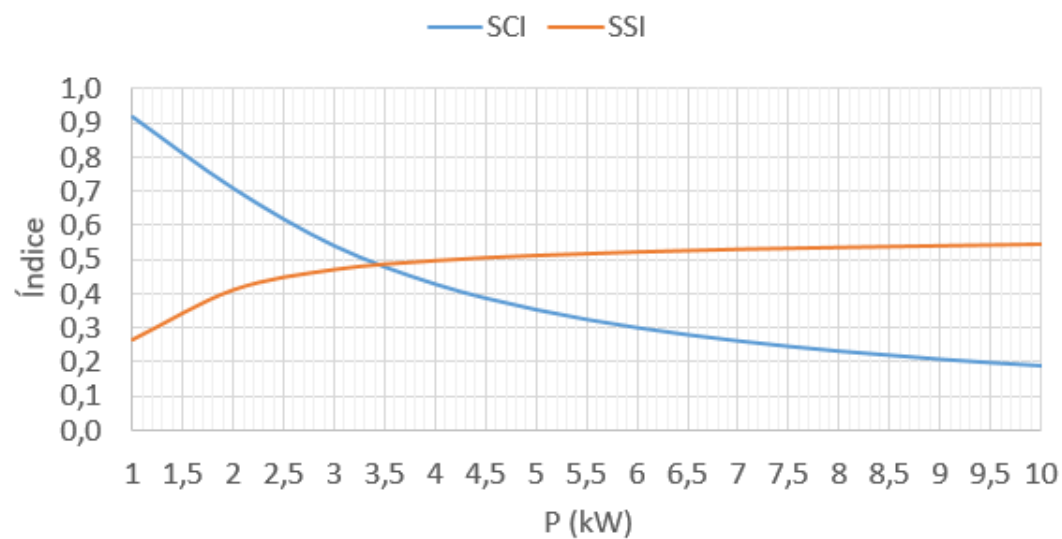
Orientación Sur, Inclinación del plano 30º



Orientación Sur, Inclinação del plano 60°

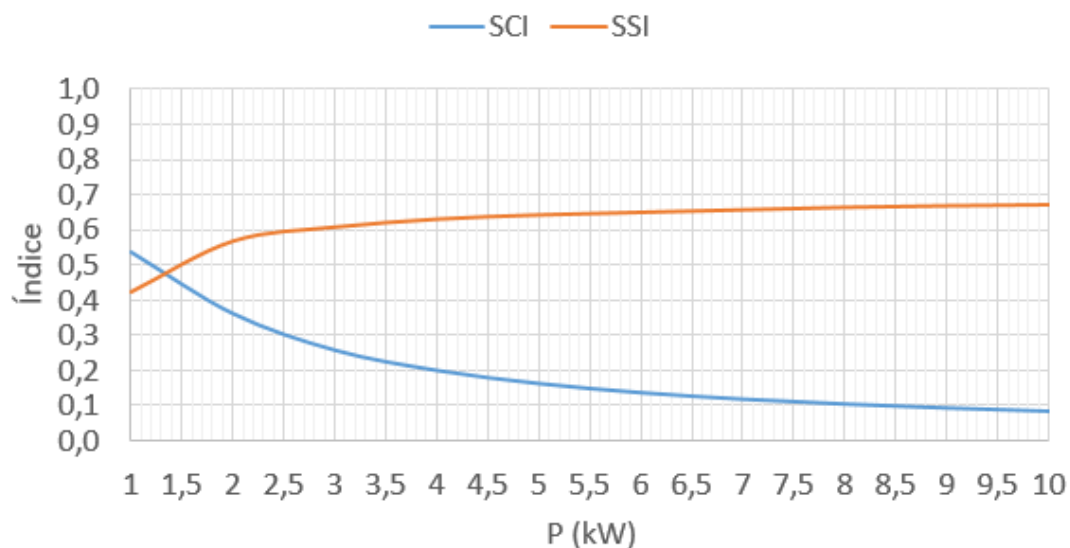


Orientación Sur, Inclinação del plano 90°

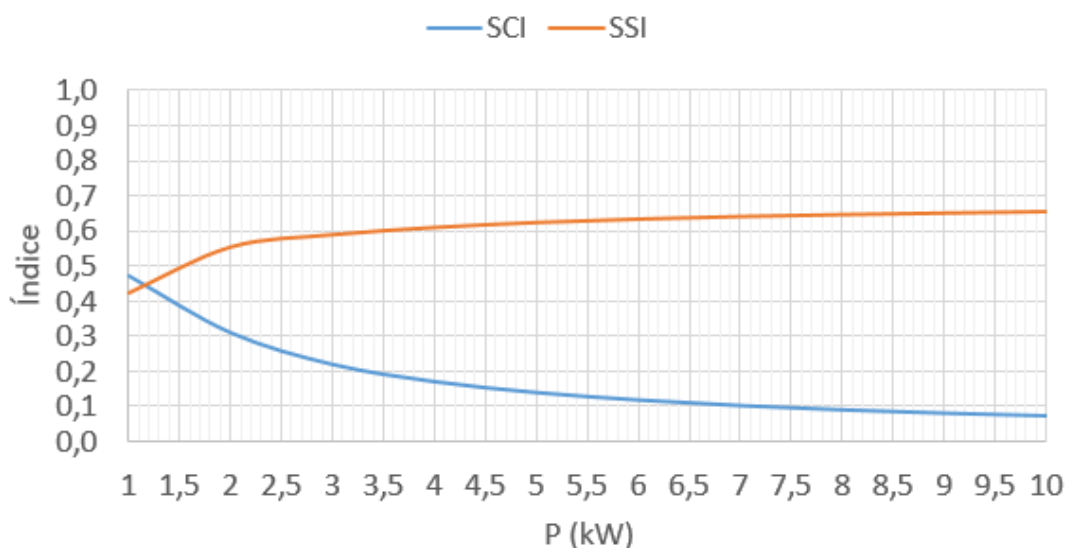


III.VIII. Influencia de la inclinación en la Vivienda #Temp 2

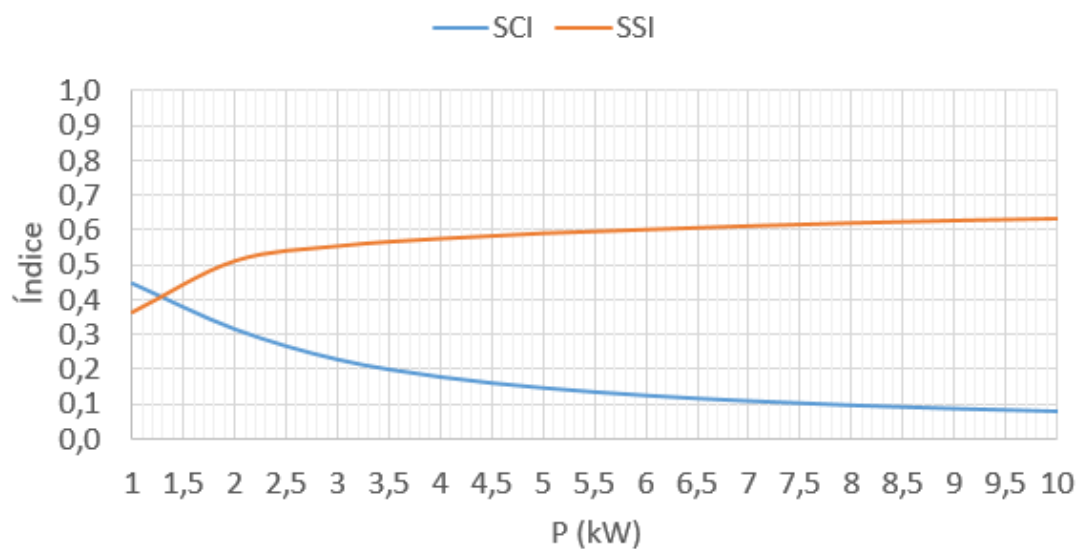
Orientación Sur, Inclinación del plano 0º



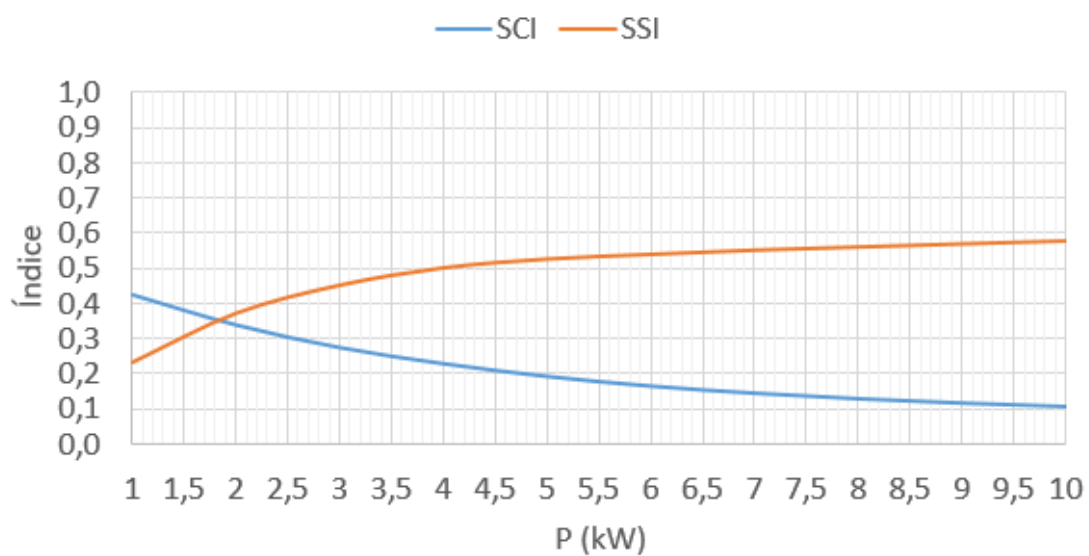
Orientación Sur, Inclinación del plano 30º



Orientación Sur, Inclinación del plano 60º



Orientación Sur, Inclinación del plano 90º



ANEXO IV: HOJA DE CARACTERÍSTICAS DEL TP-LINK HS 110



Wi-Fi Smart Plug with Energy Monitoring

HS110

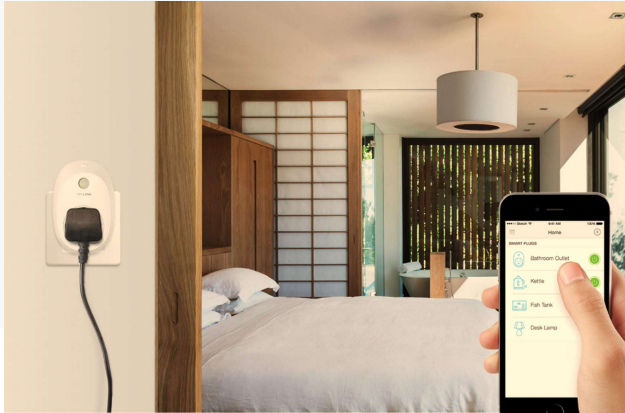
Highlights

- **Remote Access** – Control devices connected to the Smart Plug wherever you have Internet using the free Kasa app on your smartphone.
- **Scheduling** – Schedule the Smart Plug to automatically power electronics on and off as needed, like setting lights to come on at dusk or turn off at sunrise.
- **Energy Monitoring** – Analyze a device's real-time and historical power consumption.
- **Away Mode** – Turns your devices on and off at different times to give the appearance that someone is home.
- **Amazon Echo Voice Control** – Amazon Echo (sold separately) lets you control devices connected to the Smart Plugs just using your voice.

Description

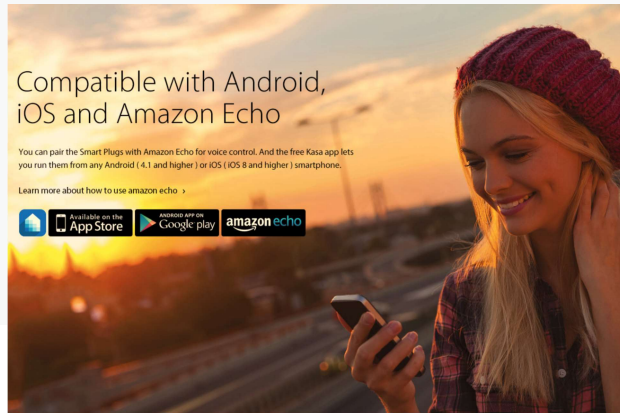
Easily turn on/off your appliance from anywhere in the world by a free App. You can also set some customized rules to turn it on/off as you scheduled.

Features



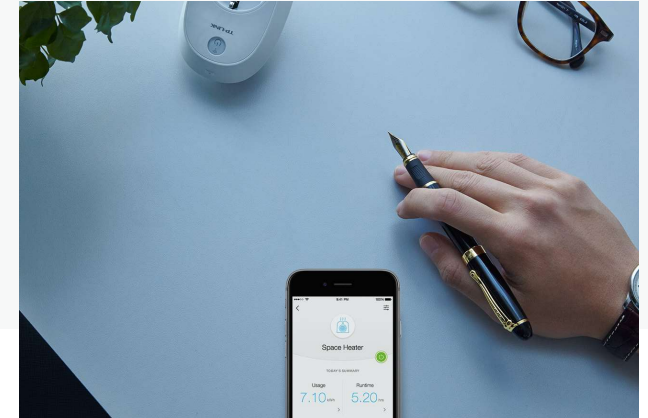
Ease of Use

- **Anytime, Anywhere** - The Smart Plugs make it easy to manage your household electronic devices anywhere in the world with a tap of your smartphone.
- **Schedule and Timer** - Deter bad guys by setting your lights to turn on and off on a schedule so it seems like you're home when you are actually away. And the count down timer gives you a peace of mind, which automatically switches off the running household appliances as your settings.



Compatibility

- **Compatible with Amazon Echo** - You can pair the Smart Plugs with Amazon Echo for voice control.
- **Compatible with Android, iOS** - The free Kasa app lets you run them from any Android (4.1 and higher) or iOS (iOS 8 and higher) smartphone.



Energy Conservation

- **Real-time or historical** - You can efficiently conserve energy and save money while using the Smart Plugs to control your space heaters and fans. The Smart Plug tracks your device's power consumption in real-time, and has weekly and monthly summaries.

Specifications

Working Status

- **Input voltage:** 100 - 240VAC
- **Output voltage:** 230VAC
- **Maximum Load:** 16A
- **Maximum Power:** 3.68KW

Network

- **Protocol:** IEEE 802.11b/g/n
- **Wireless Type:** 2.4GHz, 1T1R
- **System Requirements:** Android 4.1 or higher, iOS 8 or higher



For more information, please visit

<http://www.tp-link.com/en/products/details/?model=HS110>

or scan the QR code left

Specifications are subject to change without notice. TP-LINK is a registered trademark of TP-LINK Technologies CO., Ltd. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. No part of the specifications may be reproduced in any form or by any means or used to make any derivative such as translation, transformation, or adaptation without permission from TP-LINK Technologies CO., Ltd.

General

- **Package Contents:** Smart Plug HS110, Quick Start Guide
- **Certifications:** RoHS, EAC, CE
- **Material:** PC
- **Buttons:** Power button, Settings button
- **Operating Temperature:** 0 °C ~ 40 °C (32°F ~ 104°F)
- **Operating Humidity:** 5%~90%RH, Non-condensing
- **Weight:** 131.8g
- **Dimensions (H x W x D):** 3.9 x 2.6 x 3 in. (100.3 x 66.3 x 77 mm)

www.tp-link.com

TP-LINK®

Wi-Fi Smart Plug with Energy Monitoring HS110