

Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

Autoconsumo fotovoltaico compartido en un edificio
residencial.

Autor: José Antonio Velázquez Murillo

Tutores: Juan Manuel Roldán Fernández,
Manuel Burgos Payán

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Autoconsumo fotovoltaico compartido en un edificio residencial.

Autor:

José Antonio Velázquez Murillo

Tutor:

Juan Manuel Roldán Fernández

Profesor ayudante doctor

Manuel Burgos Payán

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Proyecto Fin de Carrera: Autoconsumo fotovoltaico compartido en un edificio residencial.

Autor: José Antonio Velázquez Murillo

Tutor: Juan Manuel Roldán Fernández

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

Una mirada al cielo

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin muchas personas que han estado cerca de mí cuando parecía que nunca iba a conseguir llegar hasta este punto del grado. Desde los primeros amigos en la ETSI que me enseñaron que “la vida son más cosas”, pasando por mis eléctricos que consiguieron devolverme la ilusión, sin olvidarme de mis cortijeros y todos aquellos amigos que soportaron un mal momento y aquellos. Mi amigo azul olivo, que sin él no habría soportado los días de escuela. Mi tutor, Juan Manuel, pocas personas en la vida me he encontrado con tanto calor humano y que me enseñara la realidad de las cosas tal y como son, pocos profesores me han enseñado tanto como él. Mi pareja, que cuando más abajo me ha visto, ha conseguido sacarme del pozo y devolverme a un punto donde seguir con más ganas si cabe. Y a mi casa, mis tres pilares, mis tres salvavidas y mis tres motores, no solo la carrera, nada sin ellos tres hubiera sido posible.

Este proyecto se basa en el estudio de implantación de tecnología fotovoltaica para dotar a un bloque de viviendas de energía eléctrica a través de un autoncumo compartido.

Para ello se llevará a cabo un estudio estadístico para buscar el mejor bloque tipo para que la instalación abarque el mayor número posible de usuarios.

Posteriormente, se calculará cual es la energía que consume el edificio, repartida entre el consumo de las viviendas y el de los elementos comunes, así como el coste económico que eso conlleva.

Además, se seleccionarán todos los elementos eléctricos y mecánicos de los que constará la instalación fotovoltaica.

También se realizará un análisis económico, donde se buscará hallar los indicadores económicos principales, utilizando para eso el ahorro que conlleva en la nueva facturación la generación fotovoltaica.

Por último, se plantearán las conclusiones que nos ofrezca el estudio aplicado.

Abstract

This project is based on the study of the implementation of photovoltaic technology to provide a block of flats with electricity through shared self-supply.

To do this, a statistical study will be carried out to find the best block type for the installation to cover the greatest possible number of users.

Subsequently, the energy consumed by the building will be calculated, divided between the consumption of the dwellings and that of the common elements, as well as the economic cost that this entails.

In addition, all the electrical and mechanical elements of the photovoltaic installation will be selected.

An economic analysis will also be carried out, where the main economic indicators will be sought, using the savings in the new invoicing of the photovoltaic generation.

Finally, the conclusions drawn from the applied study will be presented.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xviii
Notación	xx
1 Introducción	1
1.1 <i>Estructural principal</i>	1
1.2 <i>Objetivos</i>	2
2 Análisis previo	3
2.1 Número de habitantes por hogar	3
2.2 Número de viviendas según el tipo de edificación	4
2.3 Número de viviendas principales según su superficie útil	5
2.4 Conclusiones y elección de edificio para el análisis	5
3 Consumo energético del edificio y coste de la energía	11
3.1 <i>Consumo de las viviendas</i>	11
3.1.1 Habitantes por hogar	11
3.1.2 Estimación de las potencias y energías	12
3.2 <i>Consumo de los elementos comunes</i>	20
3.2.1 Ascensor	20
3.2.2 Iluminación	23
3.3 <i>Consumo total</i>	24
3.4 <i>Coste de la energía</i>	27
4 Instalación Fotovoltaica	28
4.1 <i>Tipo de panel fotovoltaico</i>	28
4.2 <i>Tipo de inversor</i>	29
4.3 <i>Cableado y soportes</i>	30
4.3.1 Cableado	30
4.3.2 Soportes de los paneles fotovoltaicos	31
5 Análisis económico	32
5.1 <i>Generación según la potencia pico y facturación de la generación fotovoltaica</i>	32
5.2 <i>Inversión inicial</i>	34
5.2.1 Paneles solares	34
5.2.2 Inversores	35
5.2.3 Soportes	36
5.2.4 Cableado	37
5.2.5 Resto de elementos	37

5.2.6	Inversión inicial total	38
5.3	<i>Cálculo de los flujos de caja</i>	39
5.3.1	Nueva factura eléctrica	39
5.3.2	Cálculo de los flujos de caja	49
5.4	<i>Indicadores económicos</i>	49
5.4.1	VAN	50
5.4.2	TIR	51
5.4.3	Payback	52
6	Conclusiones	53
	Bibliografía	54
	Anexo A: Fichas Técnicas	56
	Anexo B: Datos Desarrollados para la potencia pico Elegida (10 kWp)	64
	<i>Anexo B.1. Factura ejemplo 2.0TD para un mes con 10 kWp instalado</i>	<i>67</i>
	<i>Anexo B.2. Gráficos por meses y planos</i>	<i>11</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución poblacional del edificio sometido a estudio	11
Tabla 2. Resumen de la tipología de hogares presentes en el edificio	12
Tabla 3. Consumo estimado por hogar en función al número de habitantes.	12
Tabla 4. Consumo corregido en función del número de habitantes	12
Tabla 5. Energía horaria uno de enero para un hogar de una persona	14
Tabla 6. Consumo total de las viviendas para el 1 de enero	17
Tabla 7. Consumo total anual del edificio debido a las viviendas	20
Tabla 8. Propiedades del ascensor	20
Tabla 9. Consumo horario del ascensor	22
Tabla 10. Consumo horario de la iluminación	23
Tabla 11. Consumo horario total del edificio	24
Tabla 12. Consumo anual total del edificio	27
Tabla 13. Coste de la energía	27
Tabla 14. Valores fijos para todas las potencias pico PV	32
Tabla 15. Diferentes energías obtenidas según la potencia pico instalada	33
Tabla 16. Precio al que se factura el exceso de generación	34
Tabla 17. Precio de los paneles solares según la potencia pico instalada	35
Tabla 18. Precio de los inversores solares según la potencia pico instalada	35
Tabla 19. Precio de los soportes según la potencia pico instalada	36
Tabla 20. Precio del cableado según la potencia pico instalada	37
Tabla 21. Precio del resto de elementos según la potencia pico instalada	38
Tabla 22. Coste total de la inversión según la potencia pico instalada	38
Tabla 23. Precio peajes más cargos para facturación de la energía	40
Tabla 24. Precio peajes más cargos para facturación de la potencia	41
Tabla 25. Simulación de las facturas desde 5kWp hasta 100 kWp	48
Tabla 26. Flujos de caja según la potencia instalada	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de autoconsumo compartido	2
Figura 2. Evolución del número de personas por viviendas	3
Figura 3. Tamaño medio del hogar.	4
Figura 4. Número de viviendas según el tipo de edificación.	4
Figura 5. Número de viviendas principales según su superficie útil.	5
Figura 6. Vista del edificio el cual usaremos para el estudio	6
Figura 7. Extracto del archivo de perfiles iniciales.	13
Figura 8. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 1 de enero	15
Figura 9. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 26 de marzo	15
Figura 10. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 29 de julio	16
Figura 11. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 27 de noviembre	16
Figura 12. Consumos horarios para el total de viviendas para el 1 de enero	18
Figura 13. Consumos horarios para el total de viviendas para el 26 de marzo	18
Figura 14. Consumos horarios para el total de viviendas para el 29 de julio	19
Figura 15. Consumos horarios para el total de viviendas para el 27 de noviembre	19
Figura 16. Cálculos desglosados de la energía anual consumida por el ascensor.	21
Figura 17. Consumos horarios del ascensor	22
Figura 18. Consumos horarios de la iluminación de zonas comunes	24
Figura 19. Consumos horarios el edificio para el 1 de enero	25
Figura 20. Consumos horarios el edificio para el 26 de marzo	25
Figura 21. Consumos horarios el edificio para el 29 de julio	26
Figura 22. Consumos horarios el edificio para el 27 de noviembre	26
Figura 23. Panel solar Longi Solar LR4-60HPH-370M	29
Figura 24. Inversor solar SolarEdge SE5000H HD-Wave	30
Figura 25. Soporte para paneles solares	31
Figura 26. Pagina ejemplo de la aplicación PVGIS	32
Figura 27. Tarifa horaria antigua	39
Figura 28. Tramos tarifa 2.0TD	40
Figura 29. VAN según la potencia pico instalada	50
Figura 30. TIR según la potencia instalada	51
Figura 31. Payback según la potencia instalada	52

Notación

m ²	Metros cuadrados
kWh	Kilowatios por hora
h	Horas
P _{mp}	Punto de máxima potencia
kW _p	Kilowatios pico
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
€	Euros
mm ²	Milímetros cuadrados
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
VAN	Valor Añadido Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

1 INTRODUCCIÓN

“Si nos tomamos en serio avanzar hacia la independencia energética de una manera rentable, la reducción de contaminación de agua y gases de efecto invernadero, deberíamos invertir en energía solar.”

- Bernie Sanders -

La tecnología fotovoltaica ya es una realidad en nuestras vidas, a poco que se camine por las calles, podemos ver casas, oficinas o incluso algunos elementos de alumbrado público y de señalización vial luminosa, pero, para tener un planeta que sea duradero para nosotros y las generaciones que nos sucedan hay que conseguir que esta tecnología sea más común entre todos los usuarios, por lo que hay que estudiar como mejorar su rendimiento y como facilitarla al mayor número de usuarios posibles.

1.1 Estructural principal

En el presente documento se llevará a cabo el estudio de implantación de tecnología fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica a un edificio de viviendas, ya construido y habitado. Se realiza este estudio ya que la generación fotovoltaica está evolucionando a un buen ritmo en cuanto a eficiencia, pero, sobre todo en cuanto a precios y a un marco regulatorio favorable, por lo que es un buen momento para plantearse este tipo de instalaciones, además, a pesar de la inversión inicial, provoca una bajada en la factura eléctrica apreciable e interesante tras la implantación del nuevo sistema de facturación implantado el 1 de junio de 2021.

Para este estudio, se realizará un análisis previo donde se buscará cual tipología de edificio es la más representativa dentro del panorama nacional, para así seleccionar uno que sirva como ejemplo representativo.

A continuación, se llevará a cabo un cálculo pormenorizado de como es el perfil de consumo de un bloque de viviendas según la población que la habite calculando, además, cual es el coste de la energía que tendría este edificio, incluyendo los elementos comunes del mismo que llevan asociado un consumo eléctrico.

En el siguiente paso, se buscarán los mejores componentes fotovoltaicos para la instalación, basándose en estudios reconocidos para la elección de los mismos.

Después, se llevará a cabo un análisis económico, donde hallaremos el ahorro que lleva asociada la instalación de los paneles solares, teniendo en cuenta para ello, la nueva legislación de junio de 2021 para la facturación de la energía eléctrica, hallando, tras ello, los principales indicadores económicos, como son el VAN, la TIR y el payback.

Por último, se expondrán las conclusiones que se hayan obtenido de este estudio.

1.2 Objetivos

Con la normativa existente y la retirada de antiguos impuestos, la generación fotovoltaica para el pequeño consumidor ha vuelto a ser una opción para tener en cuenta para obtener la energía eléctrica que se consume diariamente en nuestros hogares o, al menos, conseguir parte de esta energía de forma propia.

Cabe destacar que la mejora en los rendimientos y abaratamiento de los costos de producción e instalación de los diferentes componentes ha conseguido que la opción fotovoltaica sea más interesante de lo que lo era hace unos años.

Además, está demostrado en otros países, que la generación distribuida es una buena elección a la hora de conseguir la energía eléctrica y que genera pocos problemas respecto a los beneficios que se obtiene por ello.

Por otro lado, el autoconsumo compartido para grandes bloques de edificios, o para comunidades de vecinos, que es el caso se que estudiará en este documento, es una modalidad que por seguro va a ir ganando adeptos según avancen los años, ya que, aparte de generar un ahorro en la factura eléctrica con la energía que se genera de forma propia y conseguir beneficios extra al vender la energía excedente a la red, el progresivo cambio de mentalidad de la sociedad hacia un modelo de vida más sostenible con el medio ambiente es un aliciente más para optar por este tipo de sistemas.

El autoconsumo compartido es una modalidad de autoconsumo donde la energía que se consigue con la tecnología fotovoltaica se comparte y autoconsume por más de un usuario. Esta forma autoconsumir está recogida por el RD 244/2019 y tiene diferentes subsecciones, autoconsumo compartido sin excedentes, donde no se genera ningún excedente gracias a un sistema antivertido, autoconsumo compartido con excedentes no acogida a compensación, que permite que los excedentes se vendan en el mercado eléctrico y, por último, autoconsumo compartido con excedentes acogido a compensación simplificada, es decir, se recibe un descuento en la factura de la luz, siendo esta última la que será de utilidad para la realización del estudio.

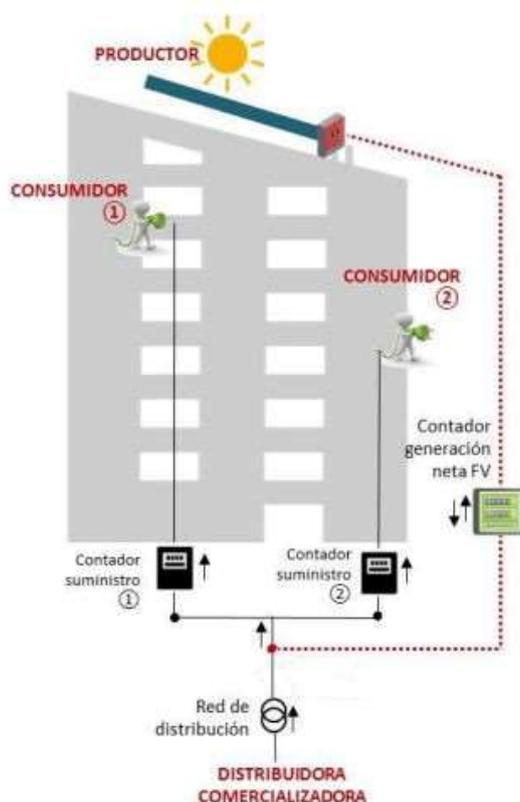


Figura 1. Esquema de autoconsumo compartido

2 ANÁLISIS PREVIO

El análisis que se va a llevar a cabo en este estudio busca estimar el perfil de consumo de un edificio de viviendas para analizar la implementación de tecnología fotovoltaica y se busca encontrar escenarios verosímiles donde aplicar al estudio, por lo que se realiza un estudio previo sobre factores socioeconómicos que muestre cuales son las características, humanas e inmuebles, más comunes en España para que así el estudio pueda ser lo más representativo posible al aplicarlo a la tipología de edificio más común en el territorio nacional.

Para ello, se recopilan los datos necesarios del Instituto Nacional de Estadística (INE) centrado la búsqueda en tres aspectos fundamentales, que son número de habitantes por hogar, número de viviendas según el tipo de edificación y tamaño más común de vivienda en España.

2.1 Número de habitantes por hogar

Comenzamos el análisis con el número de habitantes por hogar más común en España. Tras consultar en las bases de datos del INE, se puede observar en la Figura 2 que a lo largo de los años ha existido una subida paulatina de los hogares con dos habitantes y de los hogares con un solo habitante, siendo estos dos los más comunes. También se puede observar que los hogares de tres y cuatro habitantes son comunes, pero que poco a poco van decayendo respecto a los hogares antes mencionados. También se puede destacar que la presencia de hogares de cinco o más personas es poco representativo en comparación con el resto. Podemos sacar como conclusión pues que el edificio que tenemos que modelar debe tener una representación importante de viviendas de uno o dos habitantes y una menor representación del resto. [1]

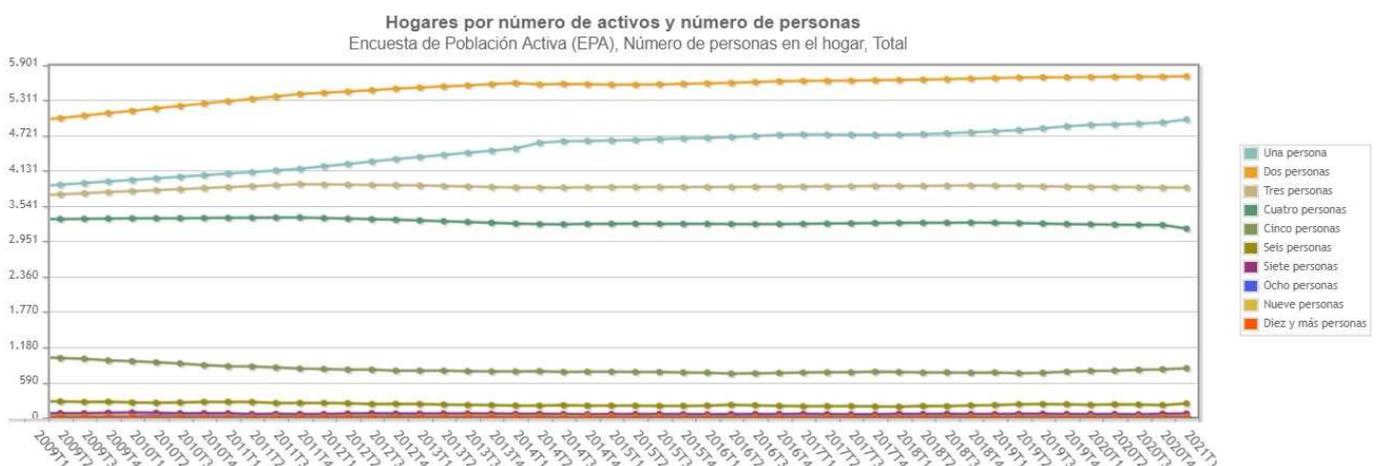


Figura 2. Evolución del número de personas por viviendas

Además, en el mismo INE, podemos consultar el tamaño medio del hogar, que se estima en una media de 2,5 habitantes, como se puede ver en la Figura 3, lo cual concuerda con lo expresado en el párrafo anterior y refuerza la conclusión hallada en el mismo. [1]

Hogares según su composición - Año 2020

	Valor	Variación anual
Total de hogares	18.754.800	0,7
Tamaño medio del hogar	2,5	0,0
Persona sola menor de 65 años	2.758.500	-0,9
Persona sola de 65 años o más	2.131.400	6,1
Pareja sin hijos	3.913.800	-0,6
Pareja con hijos	6.208.100	-0,2
Madre o padre con hijos	1.944.800	3,0

1. Número de personas

Tamaño medio del hogar. Valor

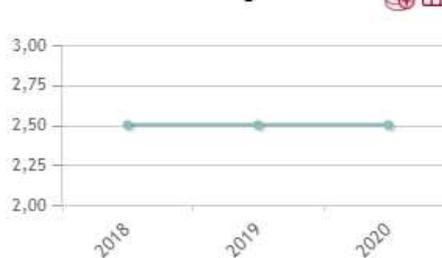


Figura 3. Tamaño medio del hogar.

2.2 Número de viviendas según el tipo de edificación

Siguiendo con la idea de realizar el estudio más generalizado posible, nos centramos ahora en hallar cual es la edificación de viviendas más común en España, lo que llevará a conocer el número de viviendas más común que albergan las edificaciones.

Así pues, tras realizar la pertinente búsqueda en el INE, se puede observar en la Figura 4 como, que la edificación más común es una la que alberga diez o más viviendas en la misma, y tras este primer caso el siguiente más común es la vivienda unifamiliar adosada o pareada, pero a mucha distancia de la edificación de diez o más viviendas.

Por lo tanto, se puede sacar como conclusión en este apartado que lo más indicado para el análisis es que situemos nuestro sistema de autoconsumo compartido en una edificación de diez o más viviendas. [1]

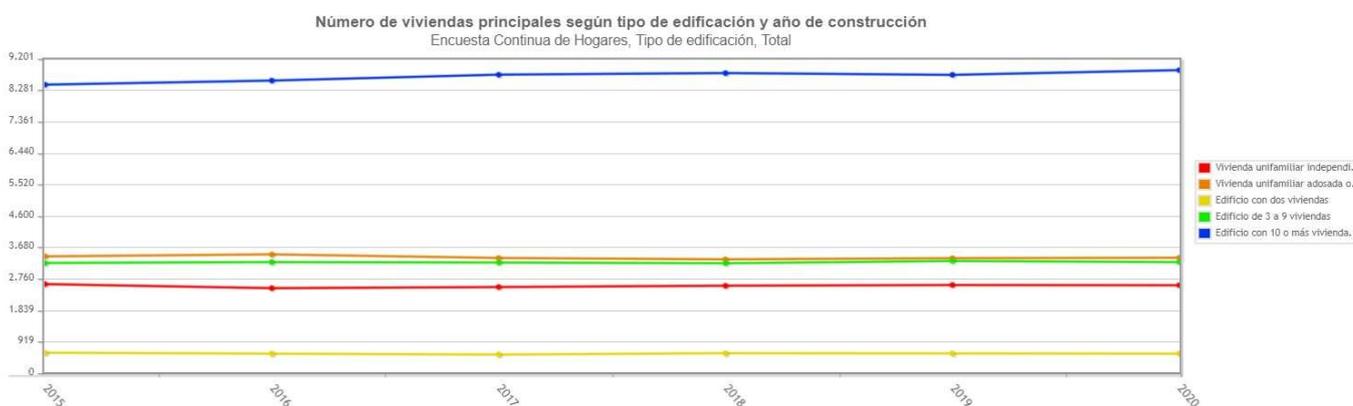


Figura 4. Número de viviendas según el tipo de edificación.

2.3 Número de viviendas principales según su superficie útil

Como último escalón del análisis previo, se busca saber cuál es el tamaño más común de viviendas en nuestro país, para en conjunto con el anterior hallar un bloque de viviendas lo más representativo posible para el análisis posterior.

Así pues, realizando la búsqueda en el INE y nos arroja los datos que podemos ver en la Figura 5, donde se nos muestra una clara predominancia de las viviendas que cuentan con una superficie útil de entre 76 y 90 m², seguido a cierta distancia de las viviendas que tienen entre 61 y 75 m² y aquellas que tienen entre 91 y 105 m².

Por lo tanto, podemos sacar como conclusión de este apartado que, para nuestro análisis, es recomendable tratar con un edificio en el cual las viviendas tengan una superficie útil de entre 76 y 90 m². [1]

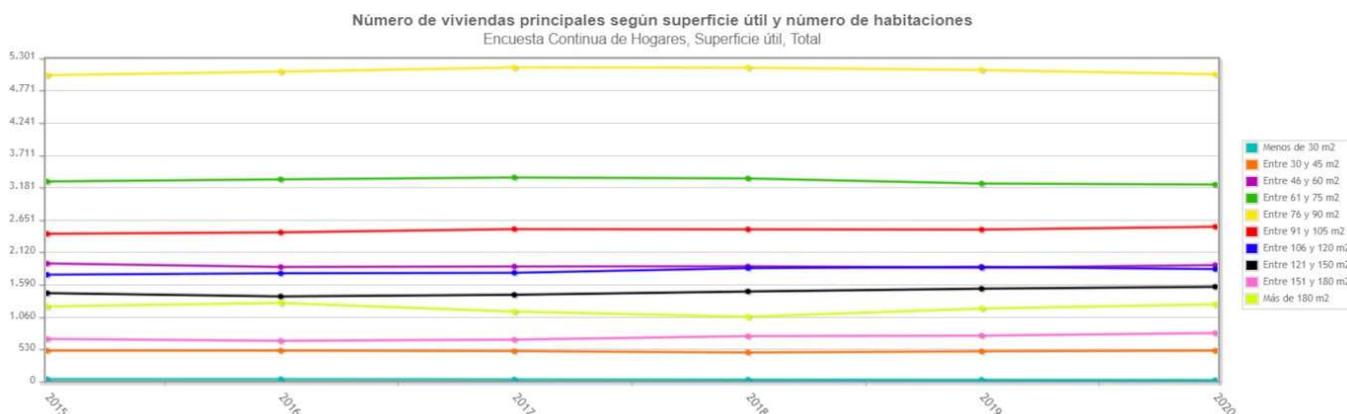


Figura 5. Número de viviendas principales según su superficie útil.

2.4 Conclusiones y elección de edificio para el análisis

Tras todos los análisis de los anteriores puntos, se puede ver que la tipología de hogar que resulta óptimo para la implementación de tecnología fotovoltaica para un autoconsumo compartido es aquel que tiene entre 76 y 90 m², dentro de un edificio que contenga diez o más viviendas y con una media de habitantes de entre uno y tres por vivienda.

Con todos estos datos la siguiente decisión a tomar será si se escoge para este análisis un edificio de nueva construcción, donde se implemente la tecnología y el coste de esta esté incluido en el precio final de la compra de la vivienda por el usuario, o, por el contrario, un edificio ya construido y habitado donde sean los propietarios de los diferentes domicilios los que asuman el gasto que la implantación de la tecnología fotovoltaica provoque.

Aunque a nivel de usuario sea más conveniente que el coste de la implantación de los paneles fotovoltaicos esté incluido en el coste de la vivienda desde el momento de su compra, para hacer un análisis más fidedigno se optará por realizar este análisis sobre un edificio ya construido, donde conozcamos a ciencia cierta todos los datos, tanto de tamaño de las viviendas, como el número de las mismas, como el número de personas que vive en cada domicilio.

Así pues, centraremos el análisis sobre el edificio situado en Sevilla capital, concretamente en la calle Bogotá número 23, bloque 10, ya que este bloque cumple todas las características previamente explicadas: es un edificio de doce viviendas, con una media de 2,67 habitantes por vivienda y con superficie habitable de vivienda de entre 80 y 100 m² y del cual podemos ver su fachada por en la Figura 6.

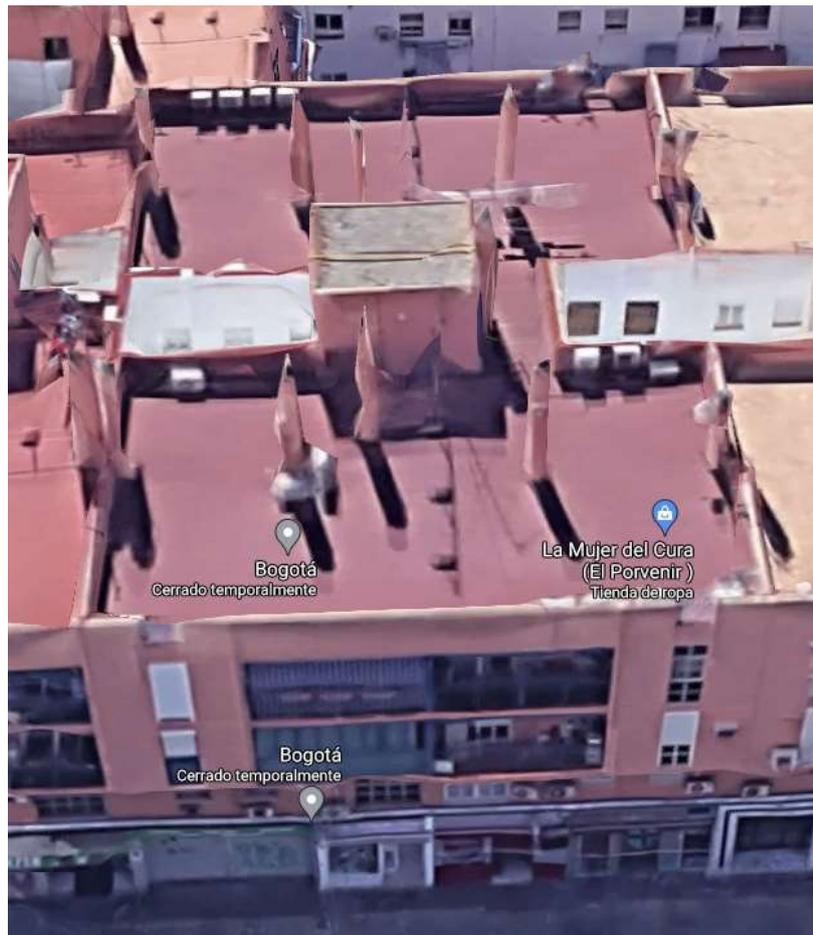


Figura 6. Vista del edificio el cual usaremos para el estudio

3 CONSUMO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO Y COSTE DE LA ENERGÍA

Tras decidir sobre que edificio vamos a plantear la instalación de tecnología fotovoltaica para autoconsumo compartido en este apartado se procederá a explicar la metodología utilizada para estimar las potencia y energía que se necesitarán y consumirán, respectivamente, en el conjunto de viviendas seleccionado.

3.1 Consumo de las viviendas

Para estimar el consumo de las viviendas de el edificio objeto de estudio, tendremos que conocer previamente la distribución poblacional que existe en cada vivienda del mismo, para, posteriormente, poder estimar el consumo eléctrico horario que tendrá cada vivienda y, tras eso, poder estimar el consumo horario del edificio.

3.1.1 Habitantes por hogar

Por conocimiento directo del propio edificio y de los habitantes del mismo, se procede a expresar la distribución poblacional que se puede ver en la Tabla 1:

Tabla 1. Distribución poblacional del edificio sometido a estudio

Planta	Nº de habitantes
1º A	2
1º B	4
1º C	2
1ª D	1
2º A	5
2º B	2
2º C	3
2º D	3
3º A	2
3º B	3
3º C	1
3º D	4

Por lo tanto, podremos obtener los siguientes resultados como resumen, expresados en la tabla 2, que serán luego de gran utilidad para estimar las potencias y energías del edificio en su conjunto:

Tabla 2. Resumen de la tipología de hogares presentes en el edificio

Nº habitantes	Nº viviendas
1	2
2	4
3	3
4	2
5	1

3.1.2 Estimación de las potencias y energías

3.1.2.1 Estimación de la energía

Tras conocer la distribución de habitantes por viviendas se debe conocer el consumo anual de energía eléctrica de un hogar. Para ello servirá de apoyo y referencia el estudio del IDAE titulado “Consumos del Sector Residencial en España” [2] del cual podemos extraer que el consumo eléctrico medio anual por hogar es de 3487 kWh, por lo que, a partir de este valor y en el valor de tamaño medio de hogar en España que obtuvimos en el apartado 2.1, vamos a estimar cual sería el consumo tipo de cada hogar en función de la cantidad de habitantes que aloje, que se puede ver descrito en la Tabla 3.

Tabla 3. Consumo estimado por hogar en función al número de habitantes.

Nº habitantes	Consumo anual (kWh)
1	1385
2	2790
3	4184
4	5580
5	6974

Estos datos tienen una pega importante, ya que, al ser una estimación lineal, los consumos que tendremos en las viviendas según vaya aumentando el número de habitantes en el hogar se alejará más de la realidad, por lo que, a términos de este estudio, se tomarán datos aproximados de los datos extraídos de la página compadorluz.es, que nos darán los valores que se pueden observar en la Tabla 4:

Tabla 4. Consumo corregido en función del número de habitantes

Nº habitantes	Consumo anual (kWh)
1	2200
2	2500
3	2700
4	3000
5	3210

Pero estos datos no son suficientes para conocer el consumo horario de nuestro edificio en estudio, ya que tenemos el dato de consumo anual. Para poder hallar el consumo horario usaremos los perfiles finales de consumo y demanda del sistema ibérico español que nos proporciona Red Eléctrica de España y que están aprobados en el Boletín Oficial del Estado del miércoles 30 de diciembre del 2020 [3], que son un desglose de los parámetros que constituyen la curva de carga horaria, al multiplicar el consumo anual por cada uno de los coeficientes horarios, hallaremos el consumo de energía de cada hogar.

Mirando en la Figura 7, se pueden los datos extraídos de los perfiles iniciales para el uno de enero de 2020, año que usaremos de referencia, donde se tiene desglosado por hora los valores de referencia de demanda. De los perfiles especificados usaremos los que corresponden a la columna Pa,0m,d,h, que corresponde a los consumidores con peaje de acceso 2.0A y 2.1A, ahora renombrados con la nueva normativa de facturación 2.0TD, el resto de columnas corresponden a otras tarifas que no son las normalmente contratadas por el consumidor medio, por lo tanto no se tendrán en cuenta en este estudio.

Mes	Día	Hora	Perfil Inicial 2020				
			Pa,0m,d,h	Pa,0m,d,h (2021)	Pb,0m,d,h	Pc,0m,d,h	Pd,0m,d,h
1	1	1	0,000120252464	0,000120988907	0,000193386178	0,000085038072	0,000154502965
1	1	2	0,000099236657	0,000100435192	0,000175891663	0,000079754598	0,000168277539
1	1	3	0,000084132770	0,000085006385	0,000160131416	0,000077479984	0,000165576213
1	1	4	0,000074658237	0,000075348921	0,000148818134	0,000076115783	0,000159295946
1	1	5	0,000069773842	0,000070387628	0,000143604193	0,000075761217	0,000152672948
1	1	6	0,000068162428	0,000068728192	0,000147592836	0,000076557342	0,000146292258
1	1	7	0,000069852034	0,000070504151	0,000150294353	0,000078926701	0,000141628449
1	1	8	0,000075640860	0,000076533368	0,000151392980	0,000081675341	0,000135865583
1	1	9	0,000089712782	0,000091413409	0,000134499589	0,000077095106	0,000108099057
1	1	10	0,000117190156	0,000120391437	0,000130259775	0,000077330096	0,000085255029
1	1	11	0,000143585033	0,000147529910	0,000141693013	0,000082472617	0,000092946753
1	1	12	0,000157351941	0,000161178528	0,000140924651	0,000086621948	0,000095605740
1	1	13	0,000162527076	0,000166222880	0,000120783572	0,000089473791	0,000092451965
1	1	14	0,000168737059	0,000172897283	0,000120602407	0,000089371463	0,000087841015
1	1	15	0,000167089742	0,000171390855	0,000117936025	0,000085862727	0,000084688702
1	1	16	0,000151080651	0,000154868515	0,000106566430	0,000082485164	0,000076902633
1	1	17	0,000142896835	0,000146293769	0,000100482694	0,000080230266	0,000073319102
1	1	18	0,000144263852	0,000147439992	0,000102323051	0,000080728472	0,000076278363
1	1	19	0,000160674867	0,000163424625	0,000140624304	0,000093493974	0,000118802650
1	1	20	0,000176371397	0,000178504012	0,000167768602	0,000100141689	0,000160782918
1	1	21	0,000188581299	0,000190924343	0,000178213504	0,000099392978	0,000165816928
1	1	22	0,000190459026	0,000193212950	0,000183803841	0,000095469877	0,000166542372
1	1	23	0,000168077595	0,000170699967	0,000211305696	0,000089408261	0,000163107775
1	1	24	0,000136780066	0,000139222498	0,000204506877	0,000083122887	0,000156559121

Figura 7. Extracto del archivo de perfiles iniciales.

Con ambos datos, los perfiles iniciales y el consumo anual de cada una de las viviendas según el número de habitantes de la misma, podemos calcular la distribución horaria anual de energía para cada una de las viviendas, para una mayor facilidad a la hora de exponer los datos y con la intención de no colapsar de datos, en vez de exponer todos los datos de la tabla, solo se expondrá un día tipo y una serie de gráficas para periodos representativos del año y para distintas viviendas.

Así pues, para un día representativo, por ejemplo, el 1 de enero, se tiene la distribución de energía horaria para un domicilio con una persona viviendo en él representada en la Tabla 5:

Tabla 5. Energía horaria uno de enero para un hogar de una persona

Mes	Día	Hora	Consumo casa 1 personas (kWh)
Enero	1	0:00	0,266175595
Enero	1	1:00	0,220957423
Enero	1	2:00	0,187014047
Enero	1	3:00	0,165767625
Enero	1	4:00	0,154852783
Enero	1	5:00	0,151202022
Enero	1	6:00	0,155109133
Enero	1	7:00	0,168373409
Enero	1	8:00	0,2011095
Enero	1	9:00	0,264861162
Enero	1	10:00	0,324565803
Enero	1	11:00	0,354592763
Enero	1	12:00	0,365690337
Enero	1	13:00	0,380374022
Enero	1	14:00	0,37705988
Enero	1	15:00	0,340710733
Enero	1	16:00	0,321846293
Enero	1	17:00	0,324367982
Enero	1	18:00	0,359534174
Enero	1	19:00	0,392708827
Enero	1	20:00	0,420033555
Enero	1	21:00	0,42506849
Enero	1	22:00	0,375539927
Enero	1	23:00	0,306289495

Se puede observar que los consumos horarios son pequeños, lo cual tiene concordancia con los datos presentados, ya que tenemos que dividir el consumo total entre 8760 horas, que son las horas que tiene un año no bisiesto, que al ser los más comunes, serán los utilizados en este estudio.

Tras realizar las mismas operaciones y obtener las tablas correspondientes para todos los tipos de vivienda según los habitantes de la misma, obtenemos, para este mismo día, la siguiente gráfica de la curva de carga horaria (Figura 8), donde se puede observar el crecimiento que sufren según aumentamos el número de personas que habitan la vivienda, y, por ende, el consumo anual:

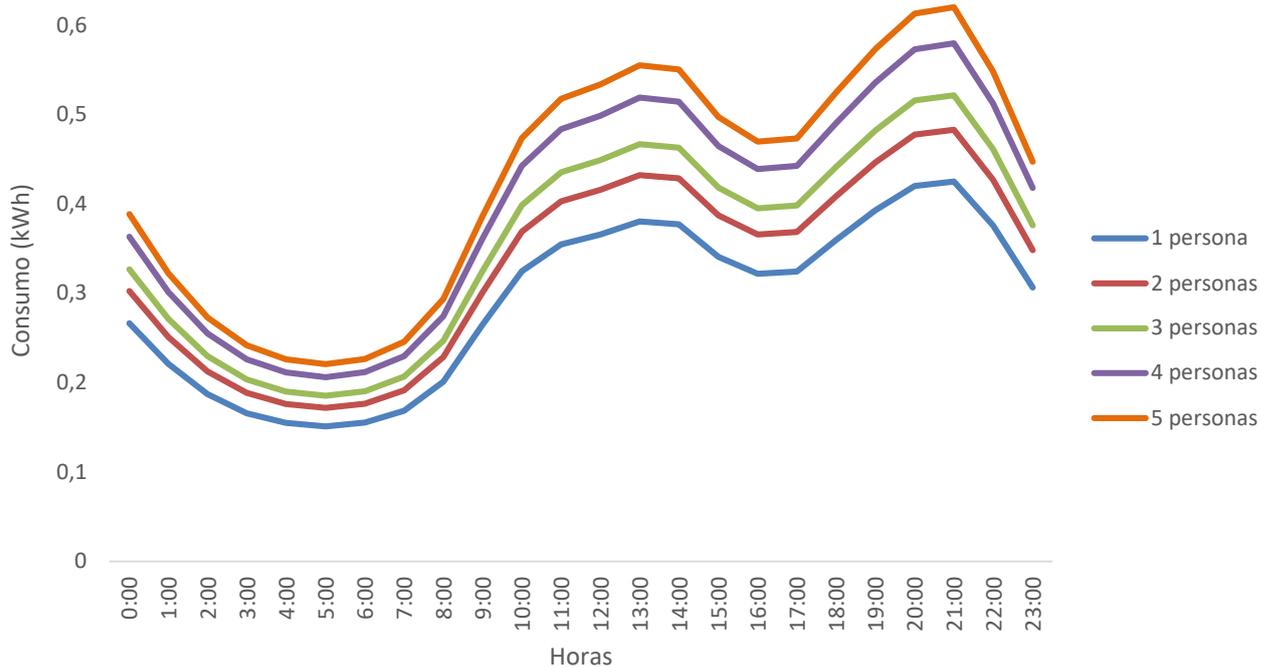


Figura 8. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 1 de enero

Se procede ahora a exponer las curvas de carga horaria para los periodos de primavera, verano y otoño, ya que la correspondiente al invierno la tenemos expresada en el uno de enero. Esto no se realiza para el año completo ya que al tener gran cantidad de datos la gráfica resultando no resulta fácilmente entendible, por lo que es más interesante verlo por periodos pequeños. Para el periodo primaveral se elige el 26 de marzo (Figura 9).

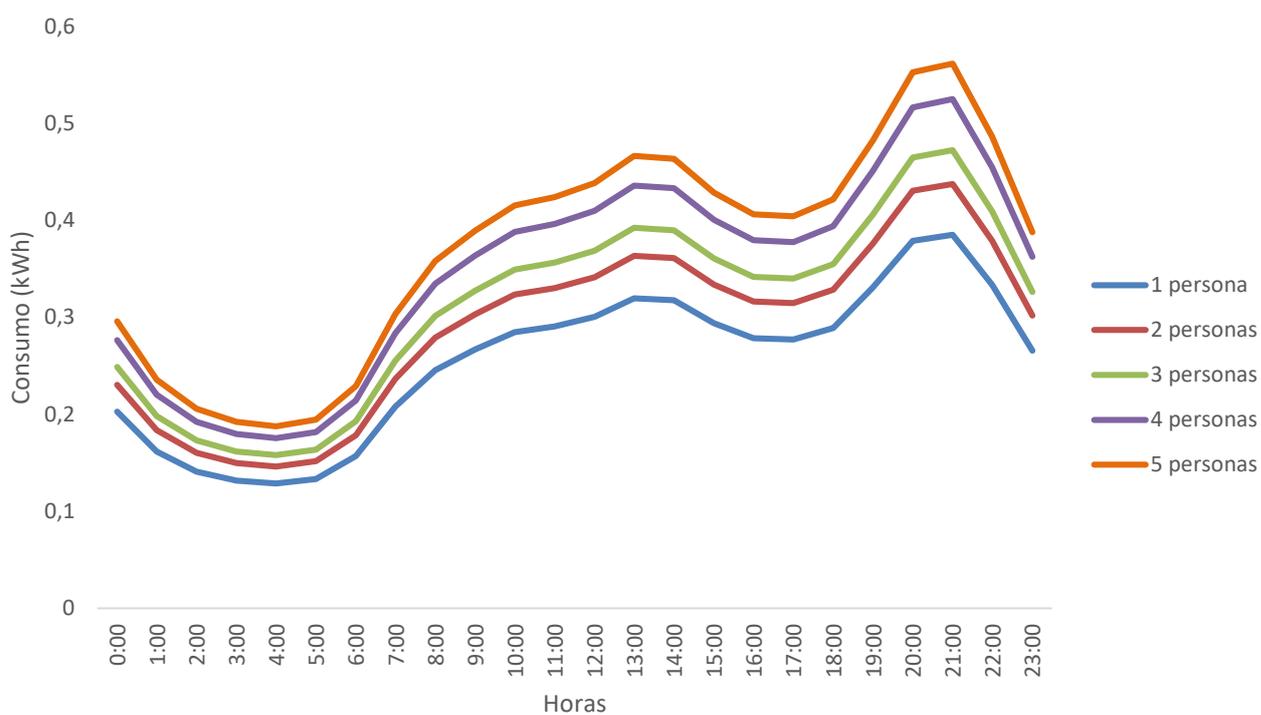


Figura 9. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 26 de marzo

Para el siguiente periodo, que es el veraniego, se selecciona el 29 de julio, se tiene la Figura 10.

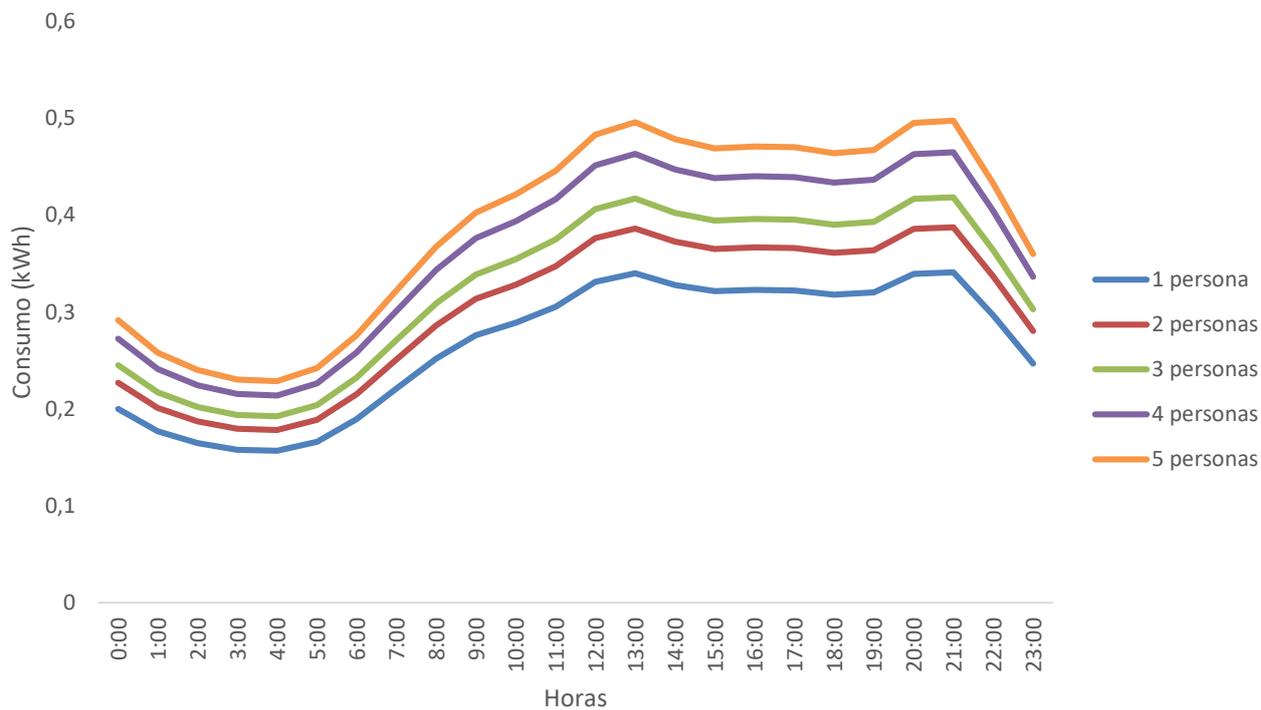


Figura 10. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 29 de julio

Y por ultimo, se tiene la Figura 11 para el periodo otoñal se opta por el 27 de noviembre.

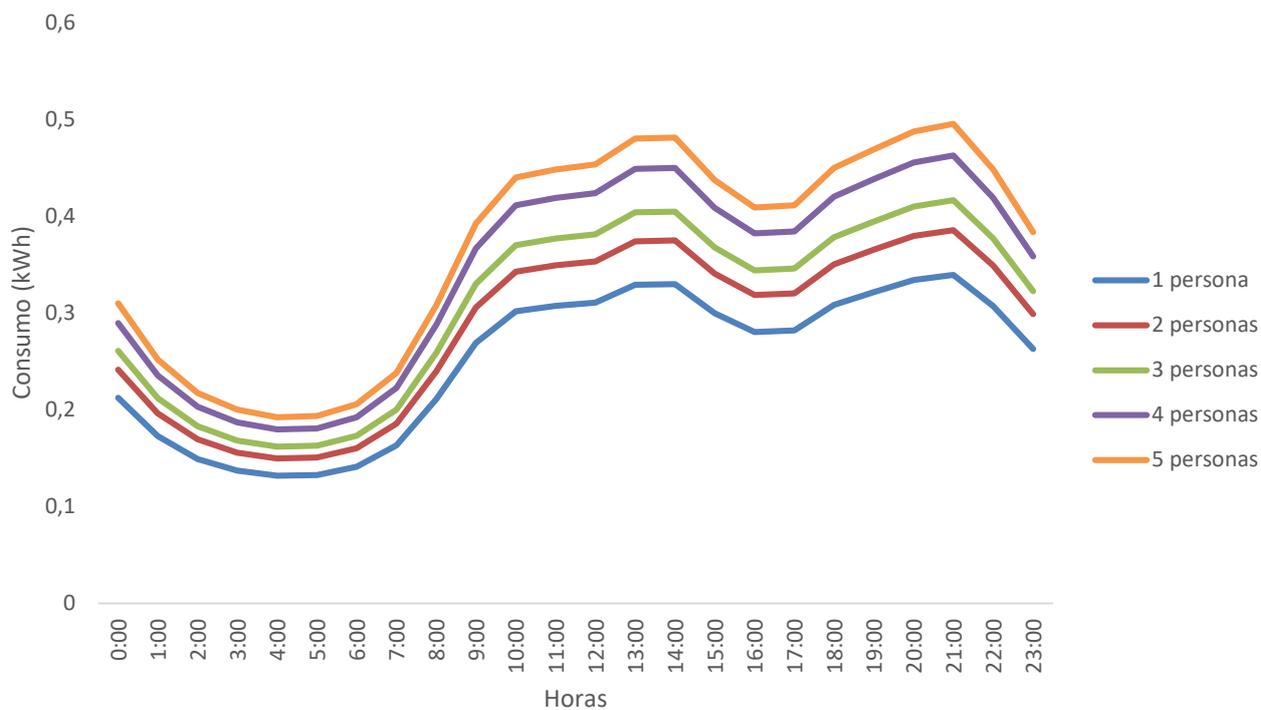


Figura 11. Consumos horarios para cada vivienda según el nº de habitantes para el 27 de noviembre

Teniendo todos estos datos, obtenemos la curva de carga para el edificio completo, que consistirá en la suma de tantas curvas de carga como viviendas tengamos, para ello nos apoyamos en una tabla auxiliar, que constará también de 8760 filas por lo que se aporta un extracto de la misma para explicar la metodología, que se puede ver en la Tabla 6:

Tabla 6. Consumo total de las viviendas para el 1 de enero

	Día	Hora	Consumo 2 viviendas 1 personas (kWh)	Consumo 4 viviendas 2 personas (kWh)	Consumo 3 viviendas 3 personas (kWh)	Consumo 2 viviendas 4 personas (kWh)	Consumo 1 viviendas 5 personas (kWh)	Total casas (kWh)
Enero	1	0:00	0,532351191	1,20988907	0,980010147	0,725933442	0,388374391	3,836558241
Enero	1	1:00	0,441914846	1,004351923	0,813525058	0,602611154	0,322396967	3,184799949
Enero	1	2:00	0,374028094	0,850063851	0,688551719	0,51003831	0,272870496	2,695552471
Enero	1	3:00	0,331535251	0,753489207	0,610326257	0,452093524	0,241870035	2,389314274
Enero	1	4:00	0,309705565	0,703876285	0,570139791	0,422325771	0,225944287	2,231991698
Enero	1	5:00	0,302404044	0,687281917	0,556698353	0,41236915	0,220617495	2,179370959
Enero	1	6:00	0,310218266	0,705041513	0,571083625	0,423024908	0,226318326	2,235686637
Enero	1	7:00	0,336746819	0,765333679	0,61992028	0,459200207	0,245672111	2,426873096
Enero	1	8:00	0,402219	0,914134091	0,740448614	0,548480455	0,293437043	2,898719203
Enero	1	9:00	0,529722324	1,203914372	0,975170641	0,722348623	0,386456513	3,817612474
Enero	1	10:00	0,649131606	1,475299104	1,194992274	0,885179462	0,473571012	4,678173458
Enero	1	11:00	0,709185525	1,611785284	1,30554608	0,967071171	0,517383076	5,110971136
Enero	1	12:00	0,731380674	1,662228805	1,346405332	0,997337283	0,533575446	5,27092754
Enero	1	13:00	0,760748043	1,728972826	1,400467989	1,037383695	0,555000277	5,48257283
Enero	1	14:00	0,754119761	1,713908547	1,388265923	1,028345128	0,550164644	5,434804003
Enero	1	15:00	0,681421467	1,548685151	1,254434973	0,929211091	0,497127934	4,910880615
Enero	1	16:00	0,643692586	1,462937695	1,184979533	0,877762617	0,469603	4,638975429
Enero	1	17:00	0,648735965	1,47439992	1,194263936	0,884639952	0,473282374	4,675322148
Enero	1	18:00	0,719068348	1,634246246	1,32373946	0,980547748	0,524593045	5,182194848
Enero	1	19:00	0,785417655	1,785040125	1,445882501	1,071024075	0,57299788	5,660362235
Enero	1	20:00	0,840067109	1,909243431	1,546487179	1,145546058	0,612867141	6,054210918
Enero	1	21:00	0,85013698	1,9321295	1,565024895	1,1592777	0,62021357	6,126782645
Enero	1	22:00	0,751079853	1,706999666	1,38266973	1,0241998	0,547946893	5,412895942
Enero	1	23:00	0,612578989	1,392224976	1,127702231	0,835334986	0,446904217	4,414745399

Con estos datos que tenemos recopilados tendremos las cruvas de carga horarias pertenecientes al edificio para todo el año, por lo que podemos extraer las diferentes gráficas, y para seguir con el mismo criterio se pondrán las que corresponden a las cuatro estaciones del año usando los mismos días, es decir, 1 de enero (Figura 12), 26 de marzo (Figura 13), 29 de julio (Figura 14) y 27 de noviembre (Figura 15), que deberán tener una forma parecida a las ya halladas anteriormente.

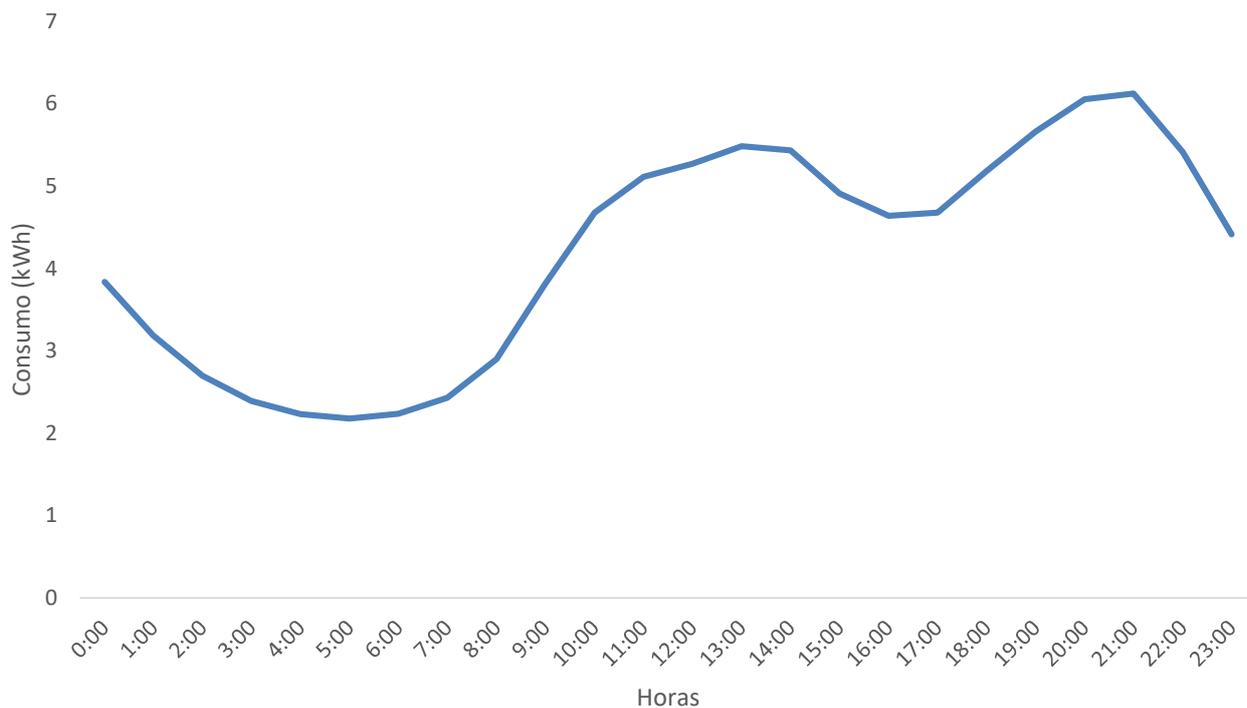


Figura 12. Consumos horarios para el total de viviendas para el 1 de enero

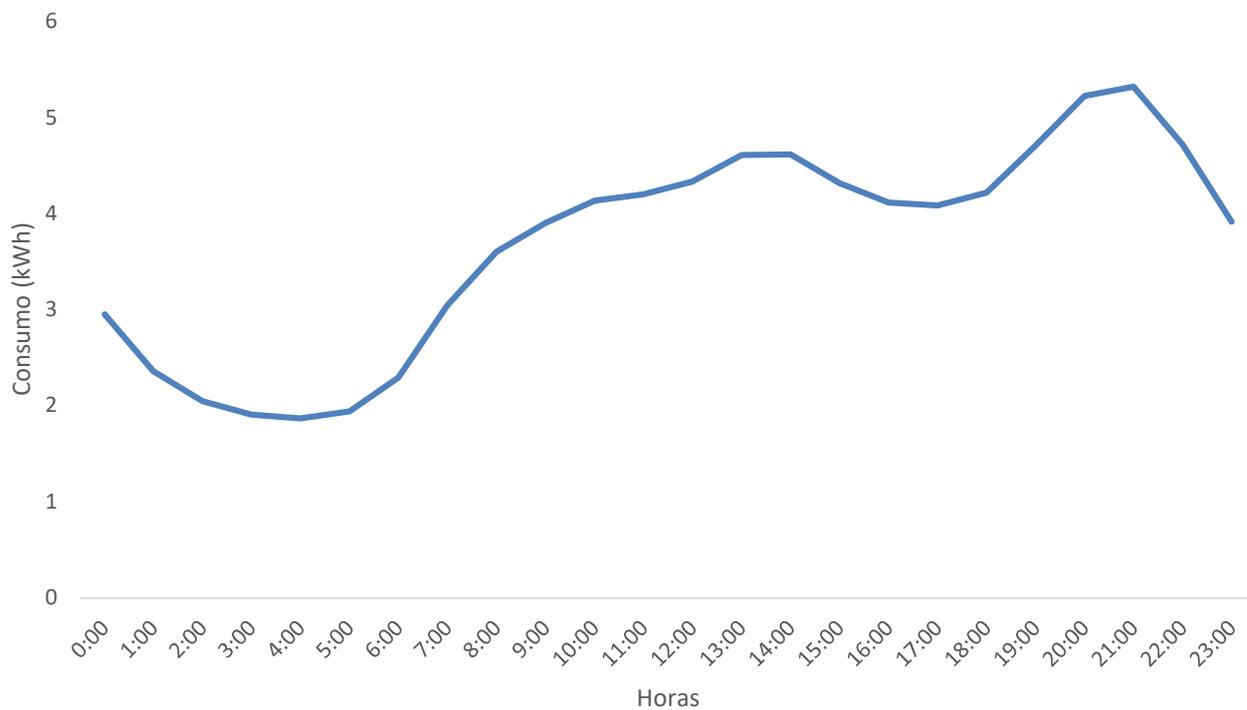


Figura 13. Consumos horarios para el total de viviendas para el 26 de marzo

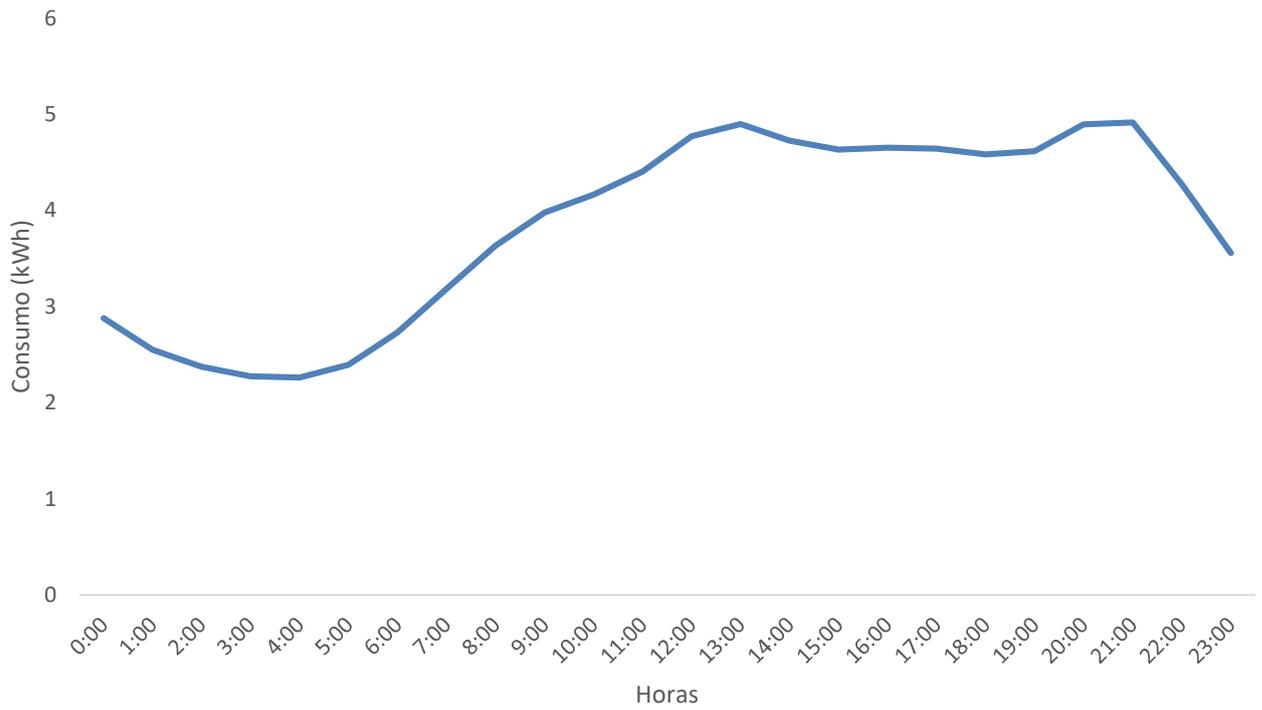


Figura 14. Consumos horarios para el total de viviendas para el 29 de julio

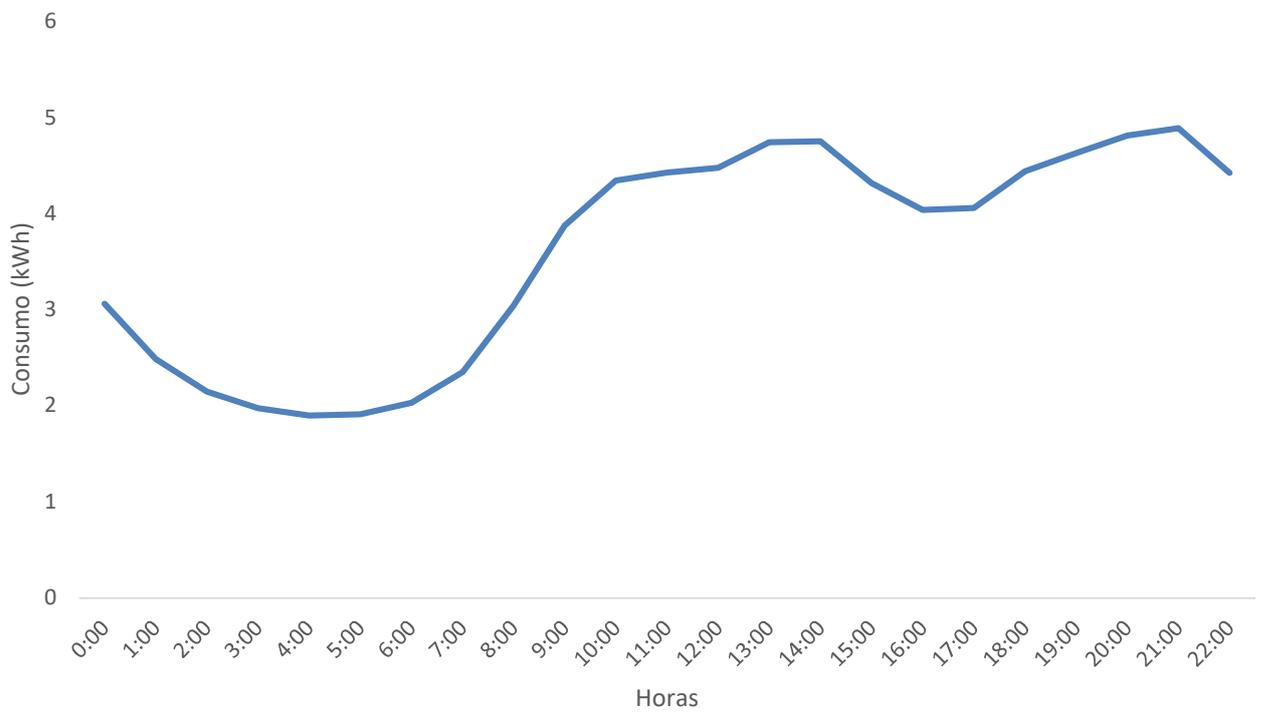


Figura 15. Consumos horarios para el total de viviendas para el 27 de noviembre

Para poder expresar toda esta información de manera resumida, podemos extraer los siguientes datos de consumo de las viviendas, que están representados en la Tabla 7, según la cantidad de habitantes en la misma y así poder visualizar el consumo total del edificio en kWh:

Tabla 7. Consumo total anual del edificio debido a las viviendas

Nº habitantes	Consumo anual (kWh)	Viviendas con ese nº de habitantes	Total (kWh)
1	2200	2	4400
2	2500	4	10000
3	2700	3	8100
4	3000	2	6000
5	3210	1	3210
			31701

3.2 Consumo de los elementos comunes de la comunidad

En este estudio que se está realizando no se pueden olvidar los elementos comunes que están presentes en el edificio, que serán el ascensor y la iluminación de las zonas comunes.

3.2.1 Ascensor

Como paso previo al cálculo de la energía horaria que consume el ascensor, tenemos que saber las características del mismo, por lo que tendremos que elegir un ascensor. En este caso, al ser un edificio existente el ascensor está instalado y se puede ver que marca y tipo es, estos datos se encuentran en el anexo. Aunque tengamos estos datos, no conoceremos el consumo eléctrico del ascensor solo con la ficha técnica proporcionada por el fabricante y además tampoco conocemos la curva de carga horaria, para calcular estos datos que necesitamos hacemos uso del calculador de energía que proporciona la empresa thyssenkrupp [4] proporcionándole los siguientes datos recogidos en la Tabla 8:

Tabla 8. Propiedades del ascensor

Tipo de edificio	Plantas del edificio	Coste por kWh (€)	Aplicación	Tipo de motor	Capacidad (kg)	Velocidad (m/s)	Tipo iluminación
Viviendas	4	0,0735	31701	MG	450	1	LED

Aplicando todos estos datos, el calculador de energía nos proporciona los siguientes resultados (Figura 16), donde podemos ver un desglose de la energía anual que consumirá el ascensor de nuestro edificio y la suma de todos los parciales para hallar la energía total que consumirá este elemento durante un año, que resultará de 3070 kWh.

Results

	Killowatt Hour	Euros
Cab Exhaust Fan	96	€7
Cab Lighting	53	€4
Machine Room Cooling	50	€4
Elevator	2871	€211
Energy Consumption	3070	€226
Number of Movements Per Hour / Day	50 / 800	

Figura 16. Cálculos desglosados de la energía anual consumida por el ascensor.

Pero, como para el cálculo que se realizó para el consumo de las viviendas, es necesario conocer la curva de carga horaria, dato que no conocemos, por lo que será necesario estimarlo y, para ello, se llevarán a cabo las siguientes suposiciones:

- Se supondrá el consumo máximo del ascensor en los periodos horarios de 6 de la mañana a 8 de la mañana, coincidiendo con la salida de las personas a sus respectivos lugares de trabajo y asistencia de los niños al colegio, y de 1 de la tarde a 4 de la tarde, coincidiendo con la vuelta de los trabajadores del turno de mañana y la salida de los trabajadores del turno de tarde además de la vuelta de los niños del colegio.
- Se supondrá que existe consumo, pero no máximo en los periodos de 9 de la mañana a 12 de la mañana y de 5 de la tarde a 1 de la mañana.
- Se supondrá que no existe consumo entre las 2 y las 5 de la mañana.
- Se supondrá que la curva de carga no varía dependiendo de la época del año para mayor simplicidad.
- Se supondrá que el consumo de la suma de las horas máximas será el doble que la suma de las horas no máximas.

Con todas estas simplificaciones y tras repartir el consumo anual para cada hora del año, la curva de carga quedará de la siguiente manera, expresada en forma de Tabla 9 y Figura 17:

Tabla 9. Consumo horario del ascensor

Mes	Día	Hora	Ascensor
Enero	1	0:00	0,215665613
Enero	1	1:00	0,215665613
Enero	1	2:00	0
Enero	1	3:00	0
Enero	1	4:00	0
Enero	1	5:00	0
Enero	1	6:00	0,801043705
Enero	1	7:00	0,801043705
Enero	1	8:00	0,801043705
Enero	1	9:00	0,215665613
Enero	1	10:00	0,215665613
Enero	1	11:00	0,215665613
Enero	1	12:00	0,215665613
Enero	1	13:00	0,801043705
Enero	1	14:00	0,801043705
Enero	1	15:00	0,801043705
Enero	1	16:00	0,801043705
Enero	1	17:00	0,215665613
Enero	1	18:00	0,215665613
Enero	1	19:00	0,215665613
Enero	1	20:00	0,215665613
Enero	1	21:00	0,215665613
Enero	1	22:00	0,215665613
Enero	1	23:00	0,215665613

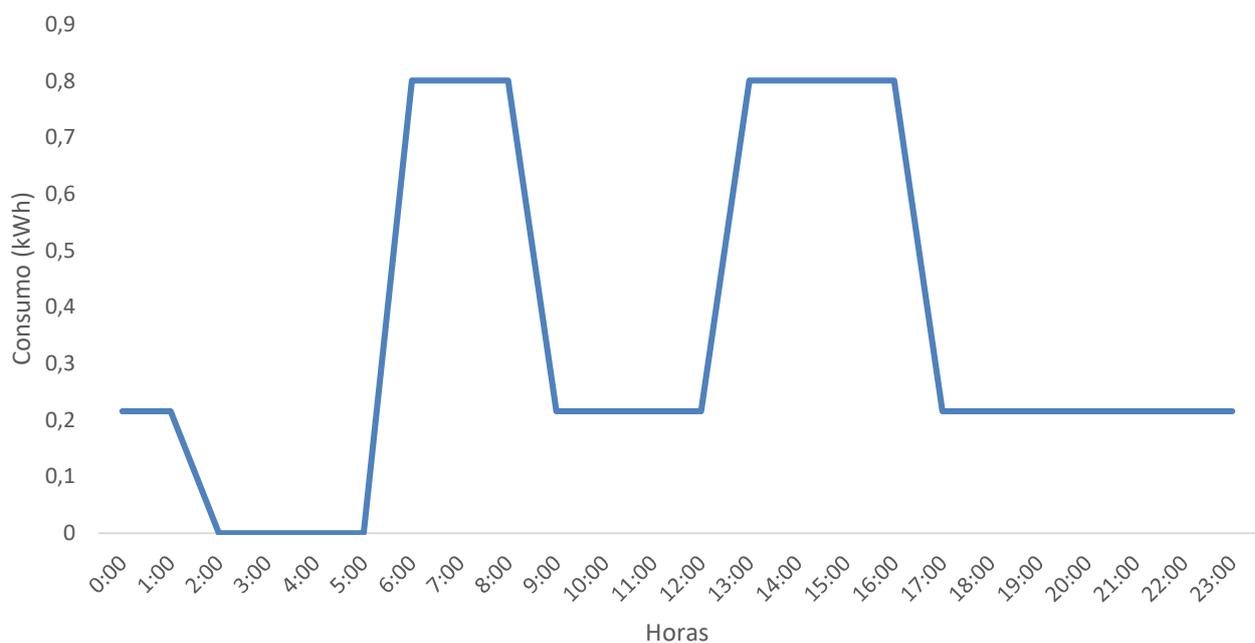


Figura 17. Consumos horarios del ascensor

3.2.2 Iluminación

Ahora se procede al cálculo del consumo anual correspondiente a la iluminación de las zonas comunes, que se compone de un total de 18 luminarias tipo LED, que se reparten en 6 en el rellano principal del edificio, 2 en la primera, segunda y tercera planta y otras 2 en el acceso a la terraza, lo que da un total de 14 bombillas tipo LED.

Sabiendo que son bombillas LED, se puede conocer el consumo anual, ya que, según las indicaciones de los fabricantes, el consumo medio sería de 6 kWh/1.000 h [5] y suponiendo que las luces estarían encendidas los mismos periodos que funciona el ascensor, que son los momentos en los que se prevee que exista un movimiento de personas por las zonas comunes del edificio, por lo que tendrían un uso de 20 horas la día, que son 7300 horas anuales, lo cual haría ascender el coste energético de una bombilla a 43,8 kWh, y contando las 14 bombillas que posee el edificio te tiene un consumo total de 613,2 kWh anuales.

Para hallar la curva de carga horaria volvemos a suponer las mismas condiciones y los mismos periodos de uso que en el caso del ascensor, por lo que la curva de carga será idéntica, pero con uno números mucho más bajos, ya que el consumo general de la iluminación es mucho menor. Se pueden apreciar dichos resultados en la Tabla 10 y en la Figura 18.

Tabla 10. Consumo horario de la iluminación

Mes	Día	Hora	Iluminación
Enero	1	0:00	0,043076923
Enero	1	1:00	0,043076923
Enero	1	2:00	0
Enero	1	3:00	0
Enero	1	4:00	0
Enero	1	5:00	0
Enero	1	6:00	0,16
Enero	1	7:00	0,16
Enero	1	8:00	0,16
Enero	1	9:00	0,043076923
Enero	1	10:00	0,043076923
Enero	1	11:00	0,043076923
Enero	1	12:00	0,043076923
Enero	1	13:00	0,16
Enero	1	14:00	0,16
Enero	1	15:00	0,16
Enero	1	16:00	0,16
Enero	1	17:00	0,043076923
Enero	1	18:00	0,043076923
Enero	1	19:00	0,043076923
Enero	1	20:00	0,043076923
Enero	1	21:00	0,043076923
Enero	1	22:00	0,043076923
Enero	1	23:00	0,043076923

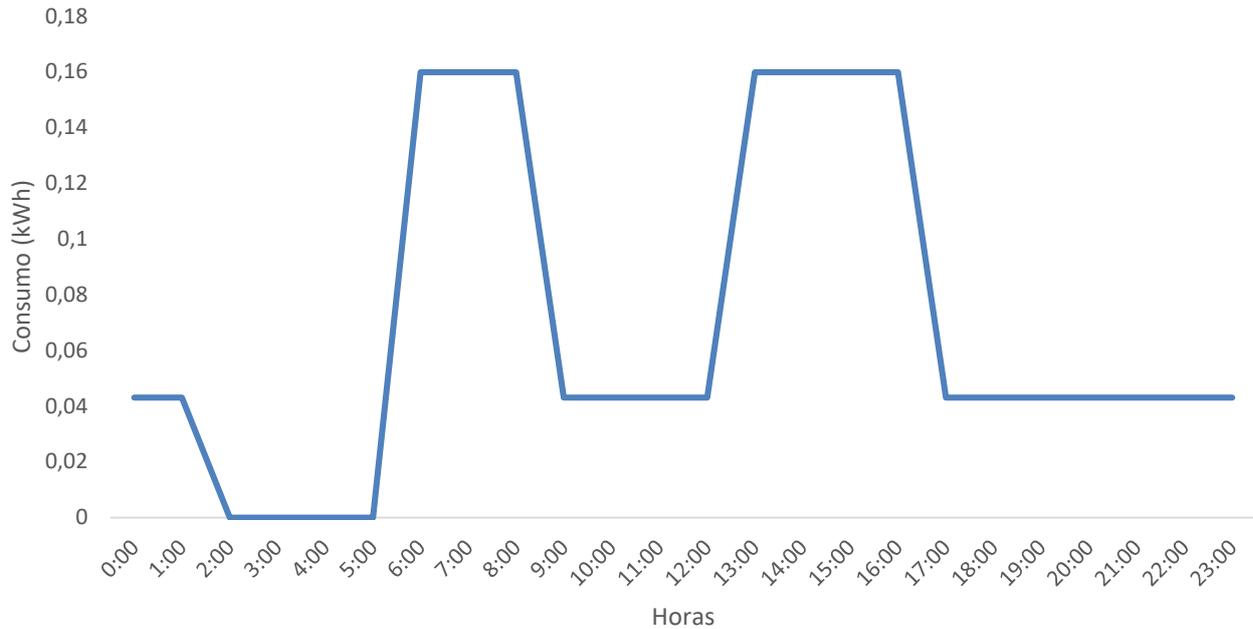


Figura 18. Consumos horarios de la iluminación de zonas comunes

3.3 Consumo total

Con los dos puntos anteriormente realizados, es trivial hallar el consumo total del edificio, que será la suma de los consumos de las viviendas, ascensor e iluminación de las zonas comunes, dándonos lugar a los siguientes resultados expresados en la Tabla 11, que se vuelven a focalizar en el día 1 de enero para enseñar los datos numéricos y los días 1 de enero (Figura 19), 26 de marzo (Figura 20), 29 de julio (Figura 21) y 27 de noviembre (Figura 22) para las gráficas.

Tabla 11. Consumo horario total del edificio

Mes	Día	Hora	Total casas	Ascensor	Iluminación	Total Edif
Enero	1	0:00	3,836558241	0,215665613	0,043076923	4,095300777
Enero	1	1:00	3,184799949	0,215665613	0,043076923	3,443542485
Enero	1	2:00	2,695552471	0	0	2,695552471
Enero	1	3:00	2,389314274	0	0	2,389314274
Enero	1	4:00	2,231991698	0	0	2,231991698
Enero	1	5:00	2,179370959	0	0	2,179370959
Enero	1	6:00	2,235686637	0,801043705	0,16	3,196730342
Enero	1	7:00	2,426873096	0,801043705	0,16	3,387916801
Enero	1	8:00	2,898719203	0,801043705	0,16	3,859762908
Enero	1	9:00	3,817612474	0,215665613	0,043076923	4,07635501
Enero	1	10:00	4,678173458	0,215665613	0,043076923	4,936915994
Enero	1	11:00	5,110971136	0,215665613	0,043076923	5,369713672
Enero	1	12:00	5,27092754	0,215665613	0,043076923	5,529670076
Enero	1	13:00	5,48257283	0,801043705	0,16	6,443616535
Enero	1	14:00	5,434804003	0,801043705	0,16	6,395847708
Enero	1	15:00	4,910880615	0,801043705	0,16	5,87192432
Enero	1	16:00	4,638975429	0,801043705	0,16	5,600019135

Mes	Día	Hora	Total casas	Ascensor	Iluminación	Total Edif
Enero	1	17:00	4,675322148	0,215665613	0,043076923	4,934064684
Enero	1	18:00	5,182194848	0,215665613	0,043076923	5,440937384
Enero	1	19:00	5,660362235	0,215665613	0,043076923	5,919104771
Enero	1	20:00	6,054210918	0,215665613	0,043076923	6,312953454
Enero	1	21:00	6,126782645	0,215665613	0,043076923	6,385525181
Enero	1	22:00	5,412895942	0,215665613	0,043076923	5,671638478
Enero	1	23:00	4,414745399	0,215665613	0,043076923	4,673487935

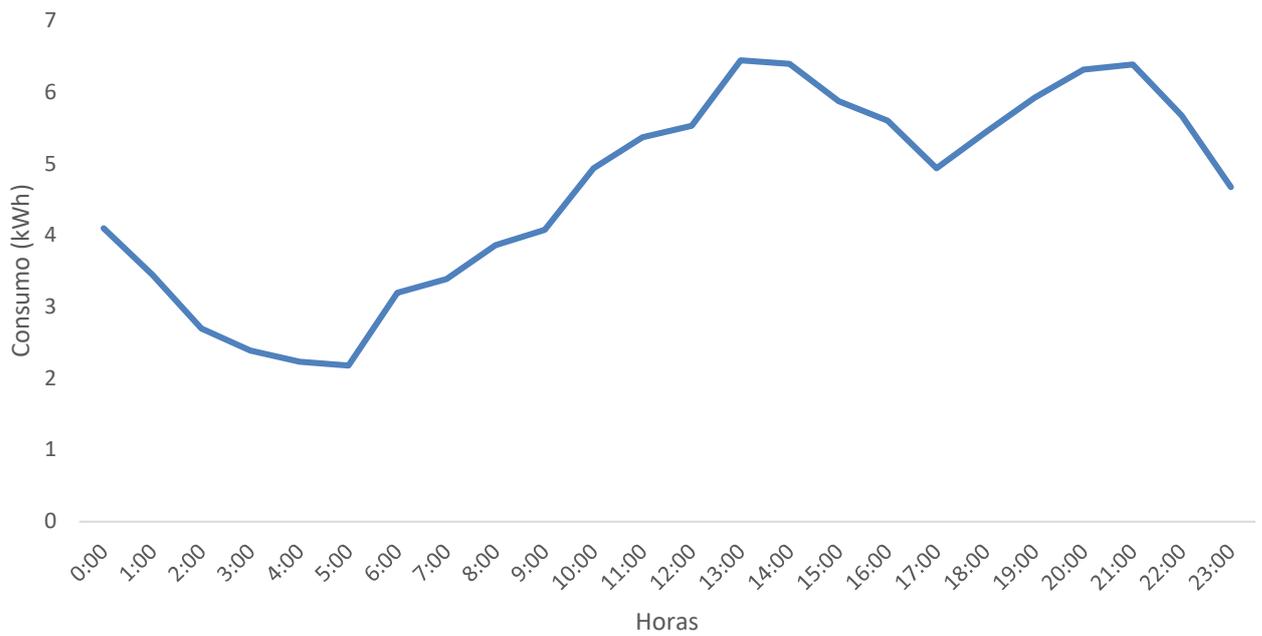


Figura 19. Consumos horarios el edificio para el 1 de enero

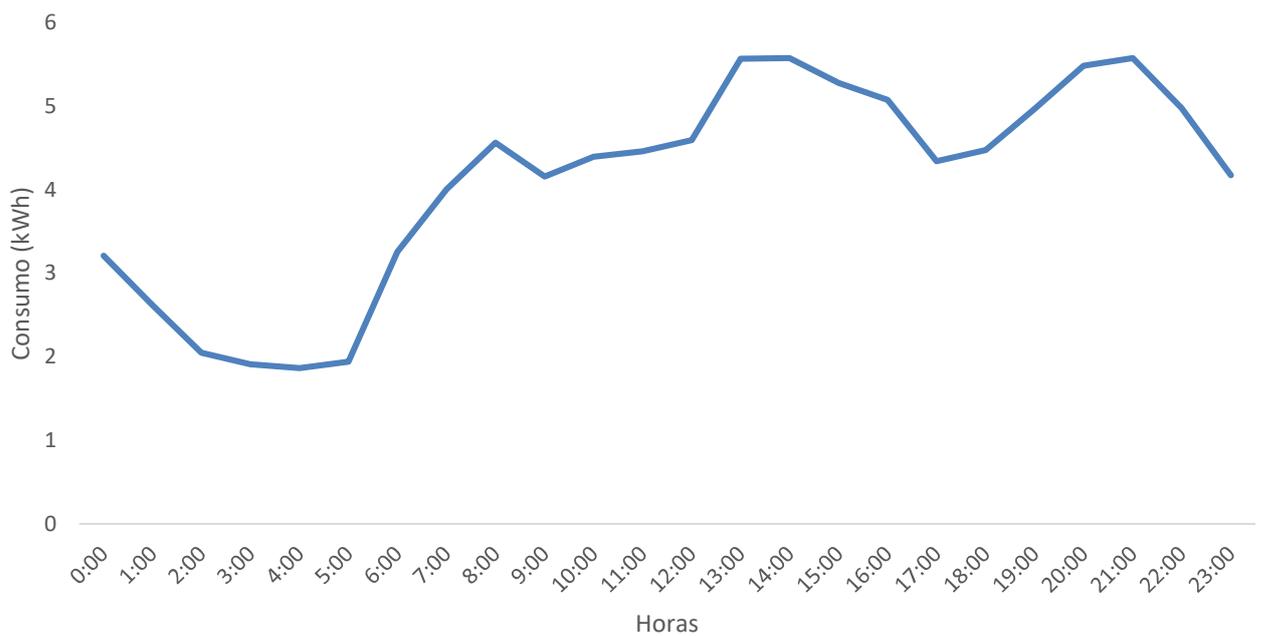


Figura 20. Consumos horarios el edificio para el 26 de marzo

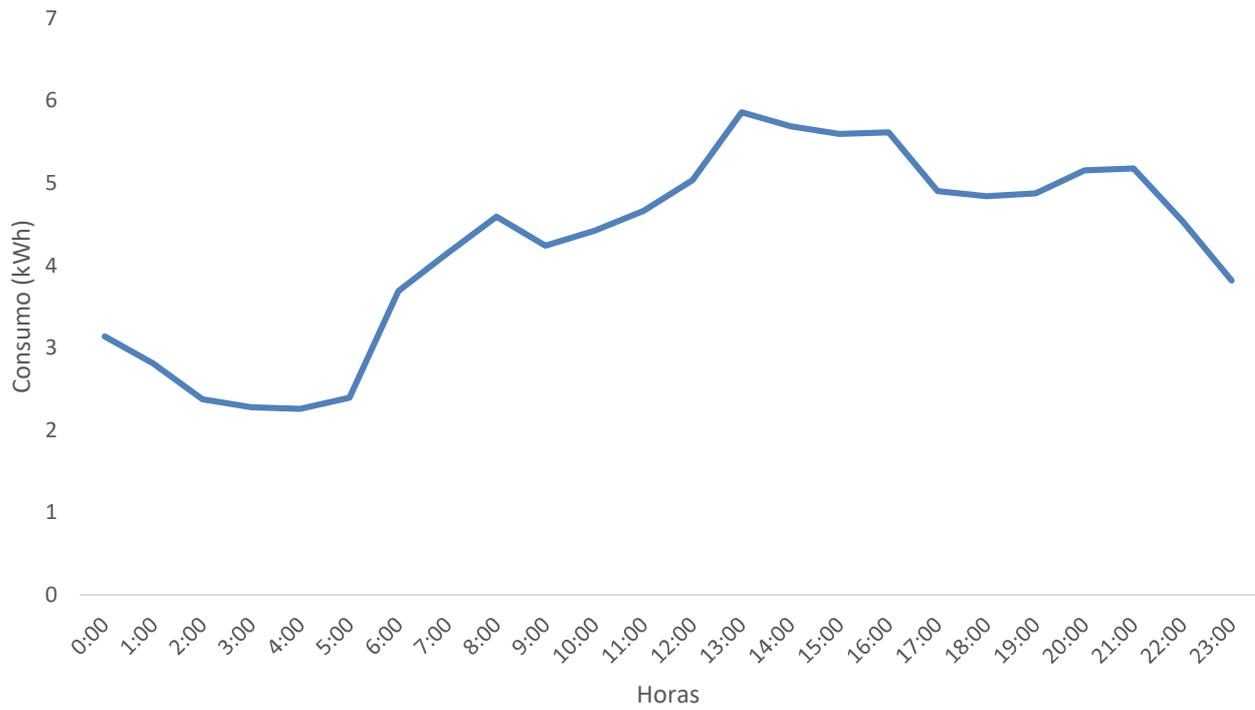


Figura 21. Consumos horarios el edificio para el 29 de julio

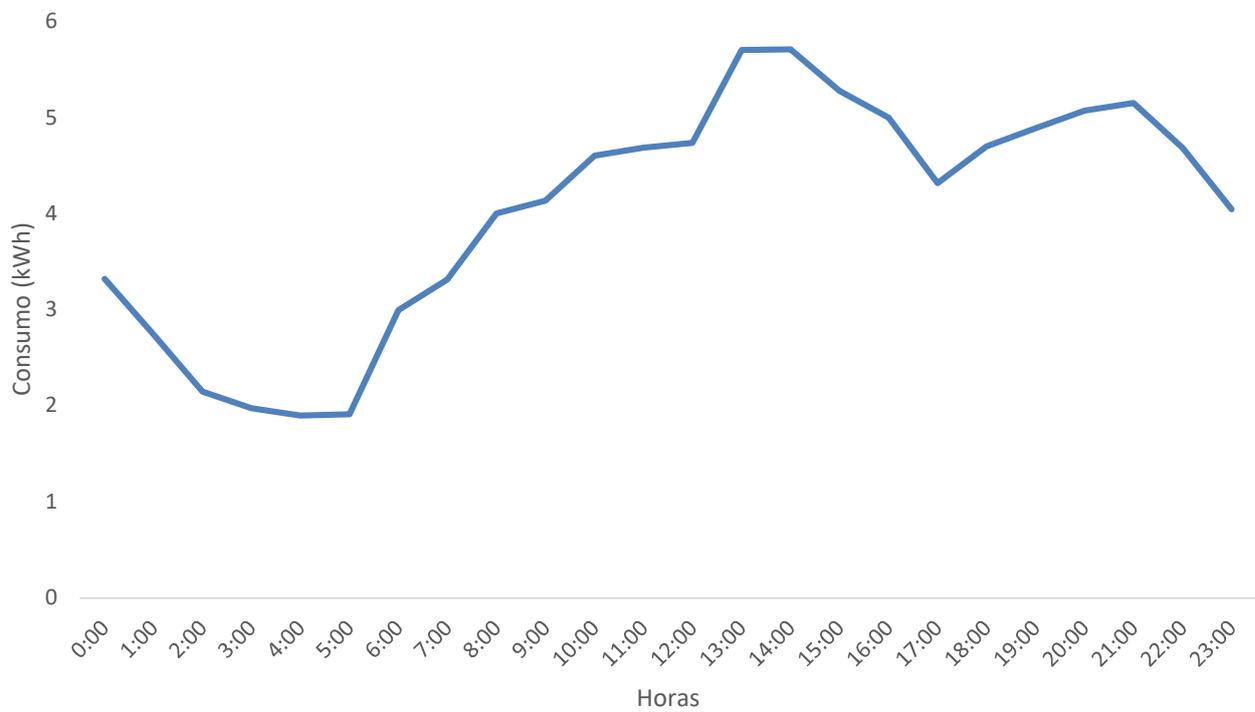


Figura 22. Consumos horarios el edificio para el 27 de noviembre

Y, como resumen final, se adjuntan los datos numéricos de los consumos anuales de cada una de las partes y el total que consume el edificio para todo un año (Tabla 12).

Tabla 12. Consumo anual total del edificio

Elemento	Consumo anual (kWh)
Viviendas	31710
Ascensor	3070
Iluminación	613,2
Total	35393,2

3.4 Coste de la energía

Para la facturación de la energía que consume el edificio en estudio, se va a suponer que todo el edificio, donde se incluyen las viviendas y todos los elementos comunes vistos anteriormente, está sujeto al mercado regulado o PVPC, por lo que se pueden obtener del portal web de esios. Una vez se tienen, es factible calcular el coste de la energía. Se pone un pequeño extracto de estos precios en la Tabla 13:

Tabla 13. Coste de la energía

Mes	Día	Hora	Precio del consumo (€/kWh)
Enero	1	0:00	0,117191667
Enero	1	1:00	0,116375
Enero	1	2:00	0,115121667
Enero	1	3:00	0,111136667
Enero	1	4:00	0,10906
Enero	1	5:00	0,107041667
Enero	1	6:00	0,106588333
Enero	1	7:00	0,107081667
Enero	1	8:00	0,104766667
Enero	1	9:00	0,10426
Enero	1	10:00	0,104383333
Enero	1	11:00	0,10486
Enero	1	12:00	0,10493
Enero	1	13:00	0,106705
Enero	1	14:00	0,10666
Enero	1	15:00	0,104503333
Enero	1	16:00	0,105596667
Enero	1	17:00	0,110718333
Enero	1	18:00	0,11752
Enero	1	19:00	0,119991667
Enero	1	20:00	0,118556667
Enero	1	21:00	0,116575
Enero	1	22:00	0,116008333
Enero	1	23:00	0,109843333

4 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tras conocer el consumo anual horario del edificio que está siendo objeto de estudio, en este capítulo se va a plantear y a estudiar que tipología de paneles, inversores, soportes y cableado se necesita para poner en funcionamiento la instalación fotovoltaica.

Este punto será el último paso previo al estudio económico, donde todo lo calculado hasta ese momento cobrará el valor necesario.

4.1 Tipo de panel fotovoltaico

La decisión de que tipología de panel se va a instalar en el edificio de viviendas puede ser una de las más relevantes en el mismo, ya que será la mayor fuente de gasto en la inversión que conlleva colocar paneles fotovoltaicos.

La primera decisión que se tendrá que tomar es cuál de las tecnologías disponibles se tomará para nuestro edificio, pudiendo escoger entre las siguientes:

- Paneles amorfos: Formados por cristales amorfos de silicio. Son las placas solares más antiguas y están en desuso, pero por su sencilla instalación y su bajo precio pueden ser consideradas para nuestro estudio.
- Paneles policristalinos: Formados por una red de pequeños cristales de silicio no uniformes, de ahí el nombre de policristalinos. Son más caros que los amorfos, pero tiene un mayor rendimiento, funcionan mejor a altas temperaturas y ocupan más cantidad de espacio.
- Paneles monocristalinos: Formados por un solo cristal de silicio, lo que hace que la pureza del mineral sea más alta y que, por tanto, la eficiencia del panel sea la mayor de todos los tipos de paneles, y aunque funciona peor a elevadas temperaturas, es la que mejor relación espacio – rendimiento tiene, ya que los paneles son de menor tamaño que los policristalinos y amorfos. Por otro lado, cabe destacar que es el tipo de panel más caro de los tres descritos.

Así pues, viendo las características principales de los diferentes tipos de paneles, se puede llegar a la conclusión de que el tipo de panel solar que será óptimo para la inclusión de paneles fotovoltaicos será el monocristalino, ya que, aunque es el más caro, al tener un espacio limitado la relación espacio – rendimiento, será mejor para los paneles monocristalinos.

Dentro de la familia de paneles monocristalinos buscaremos la mejor relación, entre estabilización de potencia, eficiencia, funcionamiento del panel en alta luminiscencia, tamaño del panel, presencia de corrientes de fuga, exposición al aire libre y precio, para obtener el mejor dentro de los criterios, así pues, se usa de apoyo la estudio que nos ofrece la página de la Organización de Consumidores y Usuarios, en adelante OCU [6], que se realiza siguiendo los motivos anteriormente expuestos y que determina que los mejores paneles solares, bajo los criterios marcados, son los siguientes:

- Panasonic VBHN335SJ53: este panel es el que tiene mejor puntuación y mayores registros en todos los campos, solo flaquea un poco en producción energía. Tiene un precio de 179,49€ por panel.
- Jinko JKM340M-60H: segundo en la escala del estudio con grandes excelentes en todos los registros, empeorando un poco respecto al Panasonic la eficiencia inicial del mismo panel y con un precio de 89,15€.
- Longi Solar LR4-60HPH-370M: tercero y último que se tendrá en cuenta de este estudio, que tiene unos buenos registros en general, siendo el que más potencia pico tiene y solo empeora respecto al anterior la desviación del pmpp, aunque en muy poco y tiene un precio de 92,50€.

Con estos datos, se elegirá para el análisis el tercer panel, Longi Solar LR4-60HPH-370M, que se puede ver en la Figura 23, ya que, aunque es el que menor puntuación tiene, la diferencia no es demasiado alta con los anteriores y es el que mejor relación precio – potencia que el panel puede producir, aunque el análisis económico que se desarrollará después se podría realizar con cualquier panel, cambiando el precio del panel que se quisiera estudiar y calculando la inversión que eso conllevará. Todos los datos técnicos del panel solar elegidos estarán expuestos en su ficha técnica en los anexos.



Figura 23. Panel solar Longi Solar LR4-60HPH-370M

4.2 Tipo de inversor

La elección del inversor será el siguiente punto por estudiar, elección muy importante, ya que la fiabilidad y rendimiento de este será fundamental para que la energía eléctrica que captan los paneles solares pueda ser utilizada en nuestro edificio.

Para elegir el inversor servirá de apoyo el estudio realizado por el portal cambio energético [7], donde se analizan los inversores de los cuales obtienen mejores datos y rendimiento en el uso y los comparan bajo los criterios de eficiencia, punto de máxima potencia, años de garantía, precio, soporte técnico que nos da la empresa a la cual le hemos comprado el inversor, sus sistemas de monitorización, origen del fabricante, grado de protección y la interfaz que nos muestra por la pantalla, para un inversor de 5kWh, que lo usaremos como referencia.

Al igual que se hizo en los paneles solares, se describen los 3 primeros del análisis realizado por el portal del cual recopilamos la información:

- SolarEdge SE5000H HD-Wave: este inversor es el mejor valorado, ya que tiene una altísima eficiencia, de un 99,2%, una garantía que abarca muchos años, hasta 12 años ampliables a 25, tiene una gran valoración en su soporte técnico y un muy buen sistema de monitorización, tiene un precio razonable

dentro de la gama de los inversores de uno 1160€ pero en contraprestación no contiene pantalla para visualizar datos.

- Fronius Primo 5.0-1 5kW: este segundo inversor presenta un rendimiento algo menor, pero también muy alto, de un 98,1%, pero flaquea en garantía, ya que pasa a 5 años ampliable a 20, y en calidad de la monitorización, tiene un buen servicio técnico y posee una pantalla para realizar lectura, pero tiene como parte negativa su alto precio, que ronda los 1500€.
- SMA Sunny Boy 5.0: es de los tres inversores el que posee un menor rendimiento, de un 97%, tiene una garantía de 5 años ampliable a 20, no tiene un gran servicio técnico y tampoco una buena calidad de monitorización, aunque posee una pantalla para hacer lecturas y un precio medio de unos 1300€.

Con todos estos datos, es bastante sencillo elegir el inversor solar a instalar, ya que el SolarEdge SE5000H HD-Wave, que se puede ver en la Figura 24, es el que presenta mejores prestaciones y es el que tiene mejor precio, y, aunque es el único que no posee pantalla para visualizar los datos, tiene una excelente monitorización que es capaz de contrarrestar esta pega. Todos los datos técnicos del inversor solar estarán expuestos en su ficha técnica en los anexos.



Figura 24. Inversor solar SolarEdge SE5000H HD-Wave

4.3 Cableado y soportes

Aunque aún quedan por saber que cantidad de paneles se van a colocar en nuestro edificio, se va a definir la tipología de soportes y cableado para que, al realizar el análisis económico, se tengan todas las variables debidamente definidas.

4.3.1 Cableado

Para la conexión de los paneles fotovoltaicos se usarán los llamados cables solares, tipología de cable que está especialmente diseñada para conectar este tipo de instalaciones, ya que mejoran de sobre manera el rendimiento general de la instalación, debido a que tiene una menor degradación según el paso del tiempo, además al disponer de un doble aislamiento y al ser libres de halógenos, tienen una vida útil mayor a lo habitual, también hay que tener en cuenta que estos cables son unipolares. Esto no significa que no se puedan usar cables convencionales, pero las pérdidas que presentan son mucho más altas y hacen que el uso de estos cables no sea aconsejable.

Con esto, se queda a la espera de conocer la potencia que habrá que transmitir desde los paneles para elegir la sección del cable y elegir el número de metros que se tendrán que comprar y la sección de estos.

4.3.2 Soportes de los paneles fotovoltaicos

La azotea que posee el edificio es totalmente plana, por lo que las estructuras que se compren tendrán que venir con la inclinación adecuada para que los paneles recepcionen la luz solar de la manera más optima posible. Hay que tener en cuenta el material del suelo de la azotea, ya que según sea de un material u otro la sujeción será de una manera u otra, en este caso es de material cerámico, por lo que no presenta dificultad adicional. Es interesante tener en cuenta que la zona donde se estudia poner los paneles solares es una zona común de uso habitual, por lo que quizás sería interesante plantear la construcción de una estructura que permita seguir dando uso a la azotea del edificio y que permita la instalación de los paneles solares, pero eso da lugar a otro estudio más intenso al que no se va a llegar en este.

En general todos los soportes que tienen una inclinación específica tienen una capacidad de un panel por soporte y un precio parejo, por lo que se elige el soporte que mejor referencia tiene en el portal AutoSolar [8] (Figura 25) y cuyas características se puede ver en los anexos.



Figura 25. Soporte para paneles solares

5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con todos los datos obtenidos en los puntos anteriores se puede proceder a realizar un estudio económico, para el que se tendrán que tener en cuenta todos los aspectos que conlleven un coste para la comunidad de vecinos, las diferentes potencias pico a instalar y como influye la subida de las mismas en el precio de la inversión y en el ahorro en la factura eléctrica de la comunidad y por último, como queda la nueva factura eléctrica con la inserción de la tecnología fotovoltaica.

5.1 Generación según la potencia pico y facturación de la generación fotovoltaica

Al tener elegidos ya la tipología de panel e inversor, lo siguiente que hay que plantearse es que potencia pico hay que instalar en nuestro edificio bajo estudio para conseguir el mejor equilibrio entre inversión total, retorno de la inversión con los ahorros en la factura que conlleva y el valor actual neto (en adelante VAN).

Como inicio a todo lo explicado anteriormente se tienen que obtener los datos de energía que captaría una agrupación de paneles de un número determinado de kWp en una localización determinada, en el caso a estudiar, en la dirección donde se encuentra el edificio de viviendas. Para poder conseguir estos datos, usaremos la herramienta online PVGIS [9], que facilita los datos, para un intervalo de años que se puede seleccionar, de irradiación solar y energía producida en una ubicación dada para una potencia fotovoltaica pico instalada con una tecnología determinada y unas pérdidas que podemos añadir, además, podemos añadirle como va a ser el eje de nuestro panel, así como la inclinación y el azimut. En nuestro estudio concreto, los valores fijos que añadiremos para todas las potencias pico serán los que se ven en la Tabla 14:

Tabla 14. Valores fijos para todas las potencias pico PV

Año inicial	Año final	Tipo de montaje	Inclinación	Azimut	Tecnología PV	Pérdidas del sistema (%)
2005	2016	Fijo	Óptimo	Óptimo	Silicio cristalino	14

The screenshot displays the PVGIS web application interface. At the top, there is a navigation bar with the European Commission logo and the text 'PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM'. Below this, a search bar shows the location '141 Calle Felipe II' in Ispra, Italy. The main map area shows a street view with a cursor at coordinates 37.371, -5.982. On the right side, the 'DATOS HORARIOS DE RADIACIÓN' panel is open, showing the following settings: Base de datos de radiación solar: PVGIS-SARAH; Año inicial: 2005; Año final: 2016; Tipo de montaje: Fijo; Inclinación: (0-90); Azimut: (-180-180); Tecnología FV: Silicio cristalino; Potencia FV pico instalada [kWp]: (empty); Pérdidas sistema [%]: 14. There are also buttons for 'Utilizar las sombras del terreno' and 'Componentes de la radiación'.

Figura 26. Pagina ejemplo de la aplicación PVGIS

Con estos datos se tienen los valores energéticos de cada año, desde el inicial al final, ambos inclusive, y para tener un valor que pueda ser representativo, se realizará la media de las energías horarias halladas para todos los años. Para ilustrar esto, se expone como ejemplo en la Tabla 15 los valores de energía horaria para la generación desde 4 kWp hasta 10 kWp.

Tabla 15. Diferentes energías obtenidas según la potencia pico instalada

Mes	Día	Hora	Generación 4kWp (kWh)	Generación 5kWp (kWh)	Generación 6kWp (kWh)	Generación 7kWp (kWh)	Generación 8kWp (kWh)	Generación 9kWp (kWh)	Generación 10kWp (kWh)
Enero	1	0:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	1:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	2:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	3:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	4:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	5:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	6:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	7:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	8:00	0,26752	0,320216667	0,38426	0,448303333	0,512346667	0,57639	0,640433333
Enero	1	9:00	1,188123333	1,456966667	1,74836	2,039753333	2,331146667	2,62254	2,913933333
Enero	1	10:00	1,329693333	1,646995833	1,976395	2,305794167	2,635193333	2,9645925	3,293991667
Enero	1	11:00	1,79625	2,234720833	2,681665	3,128609167	3,575553333	4,0224975	4,469441667
Enero	1	12:00	1,840253333	2,29745	2,75694	3,21643	3,67592	4,13541	4,5949
Enero	1	13:00	2,061003333	2,581470833	3,097765	3,614059167	4,130353333	4,6466475	5,162941667
Enero	1	14:00	1,74463	2,193258333	2,63191	3,070561667	3,509213333	3,947865	4,386516667
Enero	1	15:00	1,70082	2,151679167	2,582015	3,012350833	3,442686667	3,8730225	4,303358333
Enero	1	16:00	0,937673333	1,1995125	1,439415	1,6793175	1,91922	2,1591225	2,399025
Enero	1	17:00	0,001673333	0,002091667	0,00251	0,002928333	0,003346667	0,003765	0,004183333
Enero	1	18:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	19:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	20:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	21:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	22:00	0	0	0	0	0	0	0
Enero	1	23:00	0	0	0	0	0	0	0

Hay que tener en cuenta un detalle muy importante para el pago de la energía que se produce con la instalación fotovoltaica, ya que según el RD 244/2019 [10], aquellas instalaciones fotovoltaicas con excentes, como la que es objeto de estudio en este proyecto, se paga la energía que no supere el consumo al precio al que se compra, es decir al precio que marque el mercado PVPC, como el descrito en la tabla XIII, sin embargo, toda aquella energía que sea excedente del consumo que tenga, en nuestro caso, el edificio se pagará a un precio mucho más bajo, que está regulado también y que podemos consultar en el portal web de esios y que se expone en la Tabla 16.

Tabla 16. Precio al que se factura el exceso de generación

Mes	Día	Hora	Precio pago electricidad excedente generada
Enero	1	0:00	0,04113
Enero	1	1:00	0,03804
Enero	1	2:00	0,03612
Enero	1	3:00	0,03217
Enero	1	4:00	0,03073
Enero	1	5:00	0,03001
Enero	1	6:00	0,03004
Enero	1	7:00	0,02988
Enero	1	8:00	0,03053
Enero	1	9:00	0,03053
Enero	1	10:00	0,03015
Enero	1	11:00	0,03022
Enero	1	12:00	0,03087
Enero	1	13:00	0,02992
Enero	1	14:00	0,03063
Enero	1	15:00	0,03198
Enero	1	16:00	0,03569
Enero	1	17:00	0,04023
Enero	1	18:00	0,04373
Enero	1	19:00	0,04591
Enero	1	20:00	0,04374
Enero	1	21:00	0,04536
Enero	1	22:00	0,04265
Enero	1	23:00	0,03729

5.2 Inversión inicial

Para todos los indicadores económicos que se quieran calcular, se necesita saber con exactitud el coste de la inversión que se va a realizar para implementar la generación fotovoltaica en el edificio objeto de estudio. Para ello, se van a calcular los costes de cada uno de los componentes derivados de la instalación fotovoltaica por separado y luego se hará el sumatorio de todo con el fin de hallar la inversión inicial. Como se va a buscar la optimización de los diferentes indicadores, se hará un barrido desde la potencia de 4 kWp, menor potencia pico considerada, ya que con menos de esta potencia se conoce que no sería suficiente para satisfacer las demandas del edificio, hasta 100 kWp, que es la mayor potencia que se deja instalar en autoconsumo compartido por la legislación vigente.

5.2.1 Paneles solares

Para el cálculo de la inversión que significarían los paneles solares, dividiremos la potencia pico que se quiera instalar entre la potencia que nos proporciona un panel para hallar el número de paneles y, una vez tengamos este dato, lo multiplicaremos por el coste de un panel para hallar así el coste total que conllevaría este elemento del proyecto.

Para una mayor limpieza a la hora de presentar los datos, se expondrán estos valores en escala de 5 kWp, en 5 kWp, dando como resultado los datos de la Tabla 17, si se quieren verificar el resto de los datos, estarán presentes en un archivo externo.

Tabla 17. Precio de los paneles solares según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Nº paneles	Precio total paneles
5000	14	1.295,00 €
10000	28	2.590,00 €
15000	41	3.792,50 €
20000	55	5.087,50 €
25000	68	6.290,00 €
30000	82	7.585,00 €
35000	95	8.787,50 €
40000	109	10.082,50 €
45000	122	11.285,00 €
50000	136	12.580,00 €
55000	149	13.782,50 €
60000	163	15.077,50 €
65000	176	16.280,00 €
70000	190	17.575,00 €
75000	203	18.777,50 €
80000	217	20.072,50 €
85000	230	21.275,00 €
90000	244	22.570,00 €
95000	257	23.772,50 €
100000	271	25.067,50 €

5.2.2 Inversores

Con respecto a los inversores, realizamos un cálculo parejo al realizado en los paneles solares, ya que dividiremos la potencia pico que se quiere instalar entre la potencia que soporta el inversor fotovoltaico y una vez tengamos ese dato, lo multiplicaremos por el coste unitario de un inversor, dando los valores presentes en la Tabla 18. Se tomará la misma consideración de solo mostrar los resultados de 5 kWp en 5 kWp por motivos de limpieza.

Tabla 18. Precio de los inversores solares según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Nº inversores	Precio total inversores
5000	1	1.157,52 €
10000	2	2.315,04 €
15000	3	3.472,56 €
20000	4	4.630,08 €
25000	5	5.787,60 €
30000	6	6.945,12 €

Potencia pico (Wp)	Nº inversores	Precio total inversores
35000	7	8.102,64 €
40000	8	9.260,16 €
45000	9	10.417,68 €
50000	10	11.575,20 €
55000	11	12.732,72 €
60000	12	13.890,24 €
65000	13	15.047,76 €
70000	14	16.205,28 €
75000	15	17.362,80 €
80000	16	18.520,32 €
85000	17	19.677,84 €
90000	18	20.835,36 €
95000	19	21.992,88 €
100000	20	23.150,40 €

5.2.3 Soportes

Se sigue con la misma dinámica para los soportes, siendo el cálculo más sencillo que los anteriores, ya que cada panel necesitará un soporte propio, por lo que sabiendo el número de paneles es sencillo calcular el número de soportes y la inversión que eso conlleva, que se puede observar en la Tabla 19. Se tomará la misma consideración de solo mostrar los resultados de 5 kWp en 5 kWp por motivos de limpieza.

Tabla 19. Precio de los soportes según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Nº soportes	Soportes
5000	14	1.453,48 €
10000	28	2.906,96 €
15000	41	4.256,62 €
20000	55	5.710,10 €
25000	68	7.059,76 €
30000	82	8.513,24 €
35000	95	9.862,90 €
40000	109	11.316,38 €
45000	122	12.666,04 €
50000	136	14.119,52 €
55000	149	15.469,18 €
60000	163	16.922,66 €
65000	176	18.272,32 €
70000	190	19.725,80 €
75000	203	21.075,46 €
80000	217	22.528,94 €
85000	230	23.878,60 €
90000	244	25.332,08 €
95000	257	26.681,74 €
100000	271	28.135,22 €

5.2.4 Cableado

Antes de poder calcular el coste debido al cableado, tenemos que calcular que cable se va a aplicar a los paneles solares, para ello se utilizará la aplicación web que nos proporciona monsolar [11], sabiendo que los paneles se van a agrupar por conjuntos de 5 kWp, o lo más cercano posible, para aprovechar lo mejor posible la capacidad de los inversores. Con ello, y sabiendo que los paneles tienen un cable de salida de 4 mm² que se respetará y se dará continuidad, hallamos el cableado que va hasta el inversor, que resulta de una sección de 16 mm² y una longitud aproximada de 5 metros hasta el inversor y 1 metro de conexión entre paneles. Estos cálculos son muy aproximados para no hacer más complejo el estudio, solo se busca tener una idea aproximada de la inversión total.

Se elige para el cableado correspondiente a 4 mm² y 16 mm² el cable solar H1Z2Z2-K del fabricante TopSolar, con un precio de 2,11€/m y 4,03€/m correspondientemente. El cálculo realizado se realiza multiplicando el número de grupos de 5 kWp, por 5 metros, que es la distancia supuesta hasta el inversor, por el precio del cableado de 16 mm² y el número de paneles por el precio del cableado de 4 mm², ya que se supone que el cableado del panel solo necesita un metro extra de cableado. Se tomará la misma consideración de solo mostrar los resultados de 5 kWp en 5 kWp por motivos de limpieza, dando lugar a los resultados de la Tabla 20.

Tabla 20. Precio del cableado según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Cableado
5000	49,69 €
mo10000	99,38 €
15000	146,96 €
20000	196,65 €
25000	244,23 €
30000	293,92 €
35000	341,50 €
40000	391,19 €
45000	438,77 €
50000	488,46 €
55000	536,04 €
60000	585,73 €
65000	633,31 €
70000	683,00 €
75000	730,58 €
80000	780,27 €
85000	827,85 €
90000	877,54 €
95000	925,12 €
100000	974,81 €

5.2.5 Resto de elementos

El resto de los elementos que suponen una inversión para una instalación fotovoltaica son la obra necesaria para colocar toda la instalación, el cuadro de protecciones necesario y el contador bidireccional. Para todos estos casos se utilizan los precios recabados del portal especializado Selectra [12], lo cual da los siguientes importes expresados en la Tabla 21.

Tabla 21. Precio del resto de elementos según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Obra	Contador	Cuadro y protecciones
5000	500,00 €	200,00 €	200,00 €
10000	500,00 €	200,00 €	200,00 €
15000	500,00 €	200,00 €	200,00 €
20000	500,00 €	200,00 €	200,00 €
25000	600,00 €	200,00 €	200,00 €
30000	600,00 €	200,00 €	200,00 €
35000	600,00 €	200,00 €	200,00 €
40000	600,00 €	200,00 €	200,00 €
45000	700,00 €	200,00 €	200,00 €
50000	700,00 €	200,00 €	200,00 €
55000	700,00 €	200,00 €	200,00 €
60000	700,00 €	200,00 €	200,00 €
65000	800,00 €	200,00 €	200,00 €
70000	800,00 €	200,00 €	200,00 €
75000	800,00 €	200,00 €	200,00 €
80000	800,00 €	200,00 €	200,00 €
85000	900,00 €	200,00 €	200,00 €
90000	900,00 €	200,00 €	200,00 €
95000	900,00 €	200,00 €	200,00 €
100000	900,00 €	200,00 €	200,00 €

5.2.6 Inversión inicial total

Con todo lo anterior se puede calcular a cuánto asciende la inversión según la potencia pico que se vaya a instalar en el edificio en estudio. Los resultados se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Coste total de la inversión según la potencia pico instalada

Potencia pico (Wp)	Total
5000	4.806,00 €
10000	8.712,00 €
15000	12.421,68 €
20000	16.327,68 €
25000	20.137,36 €
30000	24.043,36 €
35000	27.753,04 €
40000	31.659,04 €
45000	35.468,72 €
50000	39.374,72 €
55000	43.084,40 €
60000	46.990,40 €
65000	50.800,08 €
70000	54.706,08 €
75000	58.415,76 €

Potencia pico (Wp)	Total
80000	62.321,76 €
85000	66.131,44 €
90000	70.037,44 €
95000	73.747,12 €
100000	77.653,12 €

5.3 Cálculo de los flujos de caja

Para poder calcular los indicadores económicos, que es el objetivo de este capítulo, se necesita saber la ganancia que nos genera la colocación de paneles fotovoltaicos respecto a la situación sin los paneles instalados.

En este estudio, que busca ser lo más preciso posible, se calculará esos flujos de caja a través de la factura eléctrica que se generaría en el edificio si no se instalan los paneles fotovoltaicos y la misma tras instalar los mismos. Además, se aprovechará que se va a utilizar la factura eléctrica para calcular los flujos de caja, para aplicar la nueva legislación, de muy reciente implementación.

5.3.1 Nueva factura eléctrica

Como se explica anteriormente, se va a implementar la nueva facturación para el cálculo de los flujos de carga, pero para ello hay que conocer que ha cambiado con la nueva normativa recogida en BOE-A-2021-6390 [13] y BOE-A-2021-4565 [14], las nuevas franjas horarias, los nuevos precios y la nueva forma de cálculo. Es importante destacar, para no tenerlo que repetir en cada apartado, que el elemento que se ha modificado de la factura de la luz es lo relacionado con los cargos y peajes, no con el precio unitario de la factura de la luz. También se define que el edificio al completo está en el mercado regulado de electricidad, mercado que, al estar bajo la vigilancia del Estado, en la mayoría de las ocasiones tendrá un precio menor al que tendría si se tuviera un contrato negociado con una empresa comercializadora.

5.3.1.1 Franjas horarias

Hasta el pasado mes de mayo de 2021 para una vivienda en el mercado regulado se podía elegir entre una de las dos siguientes tarifas:

- 2.0A, en cuya factura se cobraban todo sin discriminación horario.
- 2.0DHA, en la cual existían 2 periodos de cobro:
 - Periodo valle: comprendía la franja horaria desde las 10 de la noche hasta la 12 de la tarde en invierno y desde las 11 de la noche hasta la 1 de la tarde en verano.
 - Periodo punta: comprendía la franja horaria desde la 12 del mediodía hasta las 10 de la noche en invierno y desde la 1 de la tarde hasta la 11 de la noche en verano.

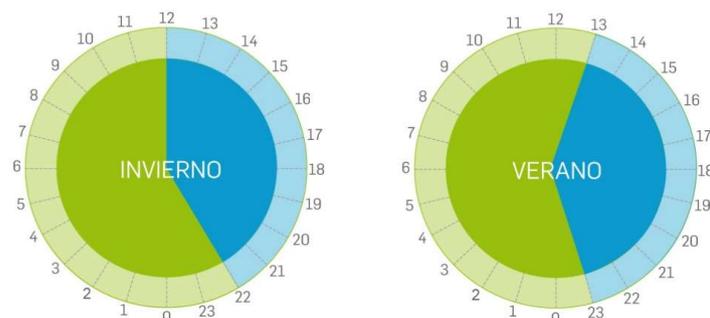


Figura 27. Tarifa horaria antigua

Sin embargo, en la circular del 27 de noviembre del 2019 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia [15] se informó del cambio que se iba a producir en en las franjas horarias cara a, según la propia Comisión Nacional, una descarbonización de la economía española y traslado del consumo eléctrico desde las horas de máxima demanda a horas donde exista menos demanda. Esto vino, además, del cambio que se produce al unificar las tipologías a la 2.0TD. Este cambio implica la creación de una nueva franja, que será la llamada llano, quedando distribuida de la siguiente manera:

- Días laborales
 - Periodo valle: de 12 de la noche a 8 de la mañana, siendo el periodo más barato.
 - Periodo llano: de 8 a 10 de la mañana, de 2 a 6 de la tarde y de 10 a 12 de la noche, periodo de precio medio.
 - Periodo punta: de 10 de la mañana a 2 de la tarde y de 6 de la tarde a 10 de la noche, periodo más caro.
- Días festivos y fines de semana
 - Todas las horas pertenecen al periodo valle.



Figura 28. Tramos tarifa 2.0TD

5.3.1.2 Nuevas tarifas de peajes y cargos

El pasado 1 de junio de 2021 entró en España la nueva legislación referente a las variaciones en los precios de los cargos y peajes para todos los tipos de tarifas, presentadas en los Boletines Oficiales del estado BOE-A-2021-6390 [13] y BOE-A-2021-4565 [14]. En el BOE-A-2021-6390 se presenta los nuevos cargos para la facturación de energía y potencia, y en el BOE-A-2021-4565 se exponen los nuevos peajes para la facturación de potencia y energía.

En el caso de la facturación de la energía los nuevos cargos y peajes se expone con detalle en la Tabla 23. El coste que conlleva esta parte se calcula mediante la fórmula 1, que es el sumatorio de los productos de los cargos por la energía consumida en ese tramo.

Tabla 23. Precio peajes más cargos para facturación de la energía

Tarifa	P1	P2	P3
2.0A	0,044027 €		
2.0DHA	0,062012 €	0,002215 €	
2.0TD	0,133118 €	0,041772 €	0,006001 €

$$FE = \sum_{p=1}^{p=i} Te_p * E_p$$

Ecuación 1

Se realiza un proceso análogo para la facturación de la potencia con los nuevos cargos y peajes presentando los valores en la Tabla 24 y la forma del cálculo del coste en la fórmula 2, que es el sumatorio de los productos de los cargos por la potencia contratada en ese tramo.

Tabla 24. Precio peajes más cargos para facturación de la potencia

Tarifa	P1	P2	P3
2.0A	38,043426 €		
2.0DHA	38,043426 €	0,002215 €	
2.0TD	30,672660 €	1,424359 €	

$$FP = \sum_{p=1}^{p=i} T_{pp} * P_{cp}$$

Ecuación 2

5.3.1.3 Facturación antigua vs facturación nueva

Una vez se conoce que es lo que cambia tras la entrada en vigor de los nuevos cargos y peajes aplicados a la factura eléctrica, es factible hacer una simulación de como sería una factura antigua, en sus dos versiones (2.0A y 2.0DHA) con y sin la instalación fotovoltaica instalada y como sería la factura con la nueva tarifa (2.0TD) con y sin la instalación. Con esto se va a poder sacar dos datos interesantes, comparando la factura nueva con y sin la instalación fotovoltaica se podrá ver directamente el flujo de caja y comparando el flujo de caja de las antiguas con el de las actuales se podrá observar el impacto de la implementación del nuevo modelo tarifario.

Antes de presentar las facturas, es necesario explicar la estructura de estas que se dividirá de la siguiente manera:

- **Término fijo:** Incluye los peajes de acceso y los márgenes de comercialización para las potencias contratadas, que se supone de 3,45 kW para los pisos que alberga 1 o 2 personas, de 4,4 kW para los pisos que albergan 3 o 4 personas y de 5,5kW para los pisos de albergan 5 personas y de 10 kW para los elementos comunes del edificio.
- **Término variable:** Será el término que cuantifique el coste que va a tener la energía, que se calculará con los datos del coste de la energía del mercado PVPC com se explicó en el punto 3.4 de este trabajo. En aquellas tipologías de facturas con discriminación horaria, se calculará los kW consumidos en las diferentes franjas y se realizarán los cálculos con estos valores. En aquellas facturas que tengan instalación fotovoltaica, el ahorro producido por el descuento que produce esta tecnología ya estará aplicado.
- **Otros:** Incluye el alquiler de los equipos de medida y el cobro del impuesto eléctrico y el IVA.

Como se ha realizado en apartado anteriores, se expondrá solo un ejemplo del trabajo realizado para las potencias pico calculadas, en este caso, para 5 kWp, y solo para un mes, para ver el resto de los datos, será necesario consultar el archivo externo llamado facturas, que se pondrá a disposición.

Así pues, se presenta la factura de enero con la tarifa antigua 2.0A sin instalación fotovoltaica:

Término fijo

Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes
Peaje de acceso	6	3,45	0,1042 €	31	66,88 €
Margen comercialización	6	3,45	0,0085 €	31	5,47 €
Peaje de acceso	5	4,4	0,1042 €	31	71,08 €
Margen comercialización	5	4,4	0,0085 €	31	5,82 €
Peaje de acceso	1	5,75	0,1042 €	31	18,58 €
Margen comercialización	1	5,75	0,0085 €	31	1,52 €
Peaje de acceso	1	10	0,1042 €	31	32,31 €
Margen comercialización	1	10	0,0085 €	31	2,64 €
Total término fijo					204,31 €

Término variable

Energía consumida	kWh	€/kW	€/mes
Coste energía	3516,506042		428,50 €
Peaje de acceso	3516,506042	0,04 €	154,73 €
Total término variable			583,22 €

Subtotal

787,53 €

Otros

Varios	días	€	%	€/mes
Impuesto eléctrico			5,11%	40,48 €
Alquiler contador	31	0,81		25,11 €

Subtotal 2

852,89 €

IVA

21%

179,11 €

TOTAL FACTURA

1.031,99 €

Añadiendo los paneles fotovoltaicos, la tarifa 2.0A hubiera quedado de la siguiente manera:

Término fijo

Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes	
Peaje de acceso		6	3,45	0,1042 €	31	66,88 €
Margen comercialización		6	3,45	0,0085 €	31	5,47 €
Peaje de acceso		5	4,4	0,1042 €	31	71,08 €
Margen comercialización		5	4,4	0,0085 €	31	5,82 €
Peaje de acceso		1	5,75	0,1042 €	31	18,58 €
Margen comercialización		1	5,75	0,0085 €	31	1,52 €
Peaje de acceso		1	10	0,1042 €	31	32,31 €
Margen comercialización		1	10	0,0085 €	31	2,64 €
Total término fijo						204,31 €

Término variable

Energía consumida	kWh	€/kW	€/mes
Coste energía	3516,506042		357,77 €
Peaje de acceso	3516,506042	0,04 €	154,73 €
Total término variable			512,49 €

Subtotal

716,80 €

Otros

Varios	días	€	%	€/mes
Impuesto eléctrico			5,11%	37,35 €
Alquiler contador	31	0,81		25,11 €

Subtotal 2

778,54 €

IVA

21%

163,49 €

TOTAL FACTURA

942,03 €

Para la antigua tarifa 2.0DHA sería:

Término fijo						
Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes	
Peaje de acceso		6	3,45	0,1042 €	31	66,88 €
Margen comercialización		6	3,45	0,0085 €	31	5,47 €
Peaje de acceso		5	4,4	0,1042 €	31	71,08 €
Margen comercialización		5	4,4	0,0085 €	31	5,82 €
Peaje de acceso		1	5,75	0,1042 €	31	18,58 €
Margen comercialización		1	5,75	0,0085 €	31	1,52 €
Peaje de acceso		1	10	0,1042 €	31	32,31 €
Margen comercialización		1	10	0,0085 €	31	2,64 €
Total término fijo						204,31 €
Término variable						
Energía consumida		kWh	€/kW		€/mes	
Coste energía		3516,50604			428,50 €	
Peaje de acceso punta		1851,22702	0,062 €		114,80 €	
Peaje de acceso valle		1665,27902	0,002 €		3,69 €	
Total término variable					546,98 €	
Subtotal					751,29 €	
Otros						
Varios	días	€		%		
Impuesto eléctrico				5,11%	38,63 €	
Alquiler contador	10	0,81			8,10 €	
Subtotal 2					797,78 €	
IVA				21%	167,53 €	
TOTAL FACTURA					965,32 €	

Y con la nueva tarifa 2.0TD la factura quedaría como:

Término fijo						
Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes	
Peaje de acceso P1	6	3,45	0,084 €	31	53,93 €	
Peaje de acceso P3	6	3,45	0,004 €	31	2,50 €	
Margen comercialización	6	3,45	0,009 €	31	5,47 €	
Peaje de acceso P1	5	4,4	0,084 €	31	57,31 €	
Peaje de acceso P3	5	4,4	0,004 €	31	2,66 €	
Margen comercialización	5	4,4	0,009 €	31	5,82 €	
Peaje de acceso P1	1	5,75	0,084 €	31	14,98 €	
Peaje de acceso P3	1	5,75	0,004 €	31	0,70 €	
Margen comercialización	1	5,75	0,009 €	31	1,52 €	
Peaje de acceso P1	1	10	0,084 €	31	26,05 €	
Peaje de acceso P3	1	10	0,004 €	31	1,21 €	
Margen comercialización	1	10	0,009 €	31	2,64 €	
Total término fijo						174,79 €
Término variable						
Energía consumida		kWh	€/kW		€/mes	
Coste energía		3516,506042			428,50 €	
Peaje de acceso punta		893,9496628	0,13 €		119,00 €	
Peaje de acceso llano		835,0126014	0,04 €		34,88 €	
Peaje de acceso valle		1787,543778	0,01 €		10,73 €	
Total término variable						593,11 €
Subtotal						767,90 €
Otros						
Varios	días	€		%		
Impuesto eléctrico				5%	39,45 €	
Alquiler contador	31	0,81			25,11 €	
Subtotal 2						832,25 €
IVA				21%	174,77 €	
TOTAL FACTURA						1.007,02€

Con estas simulaciones de facturas se pueden sacar varias conclusiones:

- En la facturación antigua sin paneles solares, era más rentable tener una tarifa con discriminación horaria (2.0DHA) ya que el ahorro era, para 5 kWh que es la potencia pico que se está viendo en las facturas y para solo el mes de enero, de un 6,46 %.
- Comparando la nueva facturación (2.0TD), con las antiguas (2.0DHA y 2.0A), se puede decir que la nueva facturación es más barata que la que no tenía discriminación horaria, de un 3 % para la potencia y periodo visto, pero más cara que la antigua factura con discriminación horaria, en torno a un 4,14 %.
- En cuanto al ahorro al instalar los paneles solares, se puede observar que, en todas las tarifas, ya sean las antiguas o la nueva, ahorrándose en la factura, para este periodo seleccionado y para esta potencia instalada, en torno a un 8 %.

Con estas primeras conclusiones y el ejemplo realizado para el mes de enero, se realiza esta simulación para las facturas de todo el año desde los 5 kWp hasta los 100 kWp, datos que se muestran en la siguiente Tabla 25 de resultados:

Tabla 25. Simulación de las facturas desde 5kWp hasta 100 kWp

	Coste factura sin paneles 2.0A	Coste factura con paneles 2.0A	Coste factura sin paneles 2.0DHA	Coste factura con paneles 2.0DHA	Coste factura sin paneles 2.0TD	Coste factura con paneles 2.0TD
5 kwp	10.568,62 €	9.378,56 €	9.921,35 €	8.731,29 €	9.647,62 €	8.598,40 €
10 kwp	10.568,62 €	8.432,74 €	9.921,35 €	7.785,47 €	9.647,62 €	7.725,14 €
15 kwp	10.568,62 €	7.808,44 €	9.921,35 €	7.161,17 €	9.647,62 €	7.149,81 €
20 kwp	10.568,62 €	7.326,90 €	9.921,35 €	6.679,64 €	9.647,62 €	6.705,95 €
25 kwp	10.568,62 €	6.873,52 €	9.921,35 €	6.226,25 €	9.647,62 €	6.292,89 €
30 kwp	10.568,62 €	6.433,52 €	9.921,35 €	5.786,26 €	9.647,62 €	5.889,77 €
35 kwp	10.568,62 €	6.135,86 €	9.921,35 €	5.488,60 €	9.647,62 €	5.599,67 €
40 kwp	10.568,62 €	5.927,48 €	9.921,35 €	5.301,36 €	9.647,62 €	5.412,43 €
45 kwp	10.568,62 €	5.781,75 €	9.921,35 €	5.155,64 €	9.647,62 €	5.266,71 €
50 kwp	10.568,62 €	5.637,19 €	9.921,35 €	5.011,08 €	9.647,62 €	5.122,14 €
55 kwp	10.568,62 €	5.529,74 €	9.921,35 €	4.903,63 €	9.647,62 €	5.014,69 €
60 kwp	10.568,62 €	5.446,82 €	9.921,35 €	4.841,42 €	9.647,62 €	4.952,49 €
65 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
70 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
75 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
80 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
85 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
90 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
95 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €
100 kwp	10.568,62 €	5.414,65 €	9.921,35 €	4.809,25 €	9.647,62 €	4.920,31 €

Hay que tener en cuenta un detalle con los resultados, ya que la legislación presente en el RD 244/2019, deja claro que cuando el término del coste de energía se vuelve negativo por la cantidad de generación que se tiene, este término se convierte en 0, por lo que nunca se va a tener una factura que salga negativa hacia el consumidor, es decir, que la compañía distribuidora deba dinero al consumidor, por eso, cuando se tiene gran cantidad de kW instalados y no existe suficiente consumo, no se suele recomendar verter el excedente a la red.

El efecto que provoca lo comentado en el apartado anterior se ve perfectamente en la tabla XXV, ya que a partir de 65 kWp, que es el momento donde el término de energía se anula en todos los meses, la cuantía de la factura eléctrica será exactamente la misma.

5.3.2 Cálculo de los flujos de caja

Tras obtener como quedan las facturas con y sin paneles solares, es sencillo calcular los flujos de caja, que serán la diferencia entre el coste de la factura sin paneles solares y el coste de la misma una vez puesto los paneles solares. Para no hacer excesivamente farragosa la presentación de datos, a partir de este momento se establece como única factura posible la que ya está en vigor, es decir, la correspondiente a la 2.0TD, siendo esta de la cual se presentan los siguientes datos según la potencia pico instalada en la Tabla 26.

Tabla 26. Flujos de caja según la potencia instalada

	Flujo de caja
5 kwp	1.049,22 €
10 kwp	1.922,48 €
15 kwp	2.497,81 €
20 kwp	2.941,67 €
25 kwp	3.354,73 €
30 kwp	3.757,85 €
35 kwp	4.047,95 €
40 kwp	4.235,19 €
45 kwp	4.380,91 €
50 kwp	4.525,48 €
55 kwp	4.632,93 €
60 kwp	4.695,13 €
65 kwp	4.727,31 €
70 kwp	4.727,31 €
75 kwp	4.727,31 €
80 kwp	4.727,31 €
85 kwp	4.727,31 €
90 kwp	4.727,31 €
95 kwp	4.727,31 €
100 kwp	4.727,31 €

Tal y como se comentó en el apartado anterior, una vez el término “coste energía” de todos los meses de la factura se vuelve 0 la diferencia deja de aumentar y los flujos de caja se mantienen constantes.

5.4 Indicadores económicos

Tras obtener el coste de las inversiones iniciales y el flujo de caja que obtendríamos al instalar los paneles solares, podemos calcular los principales indicadores económicos para poder sacar conclusiones sobre el estudio de implantación de paneles fotovoltaicos en el edificio elegido.

5.4.1 VAN

El primer indicador económico que se va a calcular y a tener en cuenta es el VAN, que por definición es un criterio que permite conocer la viabilidad de un proyecto y que calcula, para el tiempo que se prevee que se va a dar uso a la inversión, la rentabilidad del mismo. Este primer indicador se calcula mediante la Ecuación 3, para la cual necesitamos los flujos de caja (F_t), que hallamos en el apartado 5.3.2 de este estudio, el número de años de nuestra inversión (n), que supondremos en 20, la tasa de descuento (k), que se supondrá de un 4% y la inversión inicial (I_0), cuyos valores según la potencia instalada hemos calculado en apartado 5.2.6, por lo que con todos estos datos y aplicando la Ecuación 3 obtenemos la siguiente gráfica (Figura 29) con los resultados del VAN desde 4 kWp hasta 100 kWp.

Ecuación 3. Expresión del VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

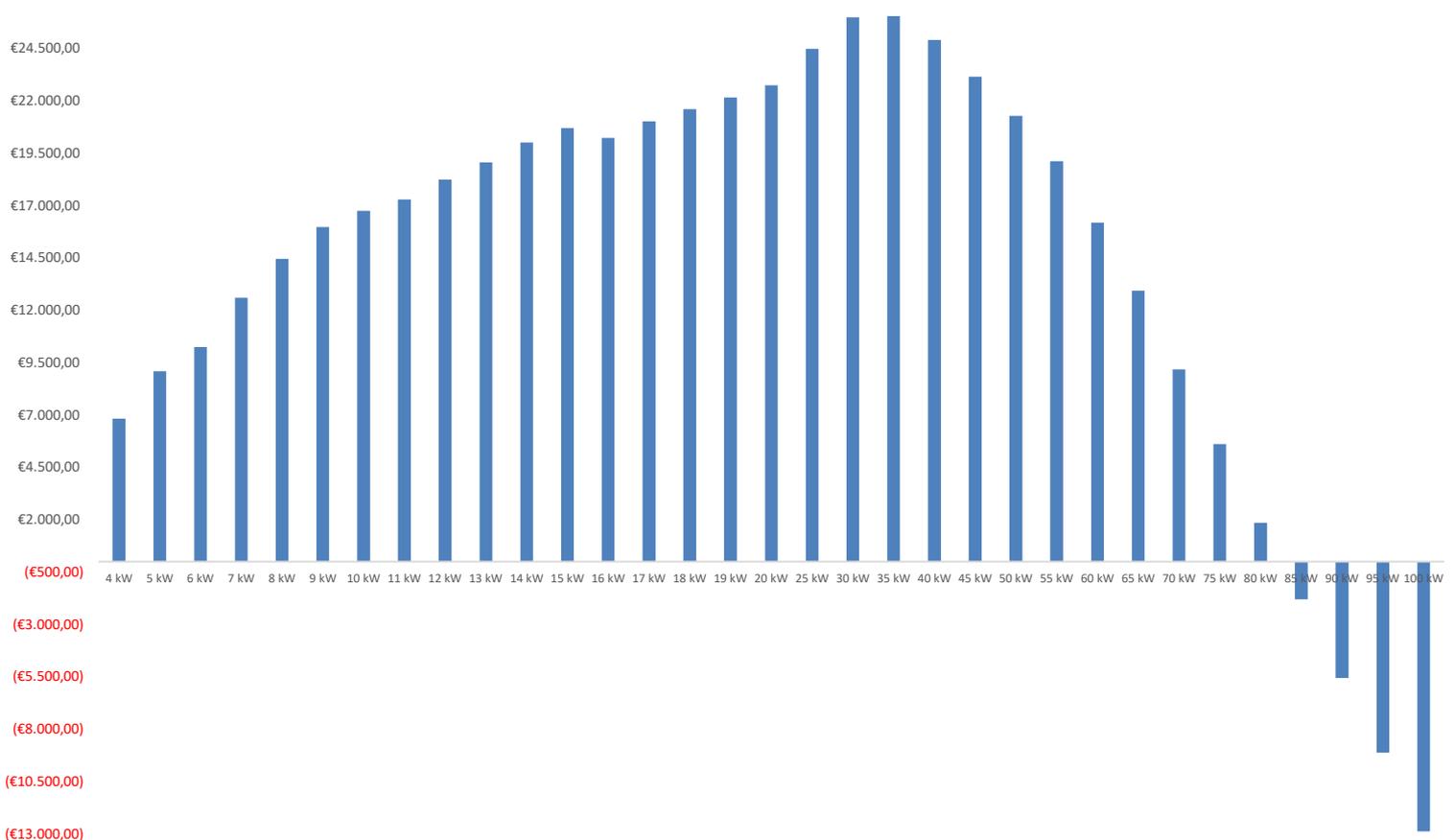


Figura 29. VAN según la potencia pico instalada

Con esta Figura 29 se puede observar de forma rápida que el VAN es creciente según se va añadiendo potencia, pero que llega un punto, sobre los 35 kWp instalados, que este indicador empieza a descender, por lo que a partir de ese punto ya no se puede conseguir más rentabilidad con la inversión según los flujos de caja que se han obtenido. Se puede decir pues, que el máximo del VAN estaría en torno a los 35 kWp.

5.4.2 TIR

Tras el VAN, se procede al cálculo de la TIR, que se define como la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, o, dicho de otra manera, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá la inversión sometida a estudio. Para calcular este indicador, es necesario seguir la Ecuación 4, para la cual necesitamos el VAN, indicador que calculamos en el apartado anterior, los flujos de caja (F_t), que hallamos en el apartado 5.3.2 de este estudio, el número de años de nuestra inversión (n), que supondremos en 20 y la inversión inicial (I_0), cuyos valores según la potencia instalada hemos calculado en apartado 5.2.6. Tras aplicar esta expresión obtenemos los resultados que se expresan en la Figura 30.

Ecuación 4. Expresión de la TIR

$$VAN = I_0 - \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

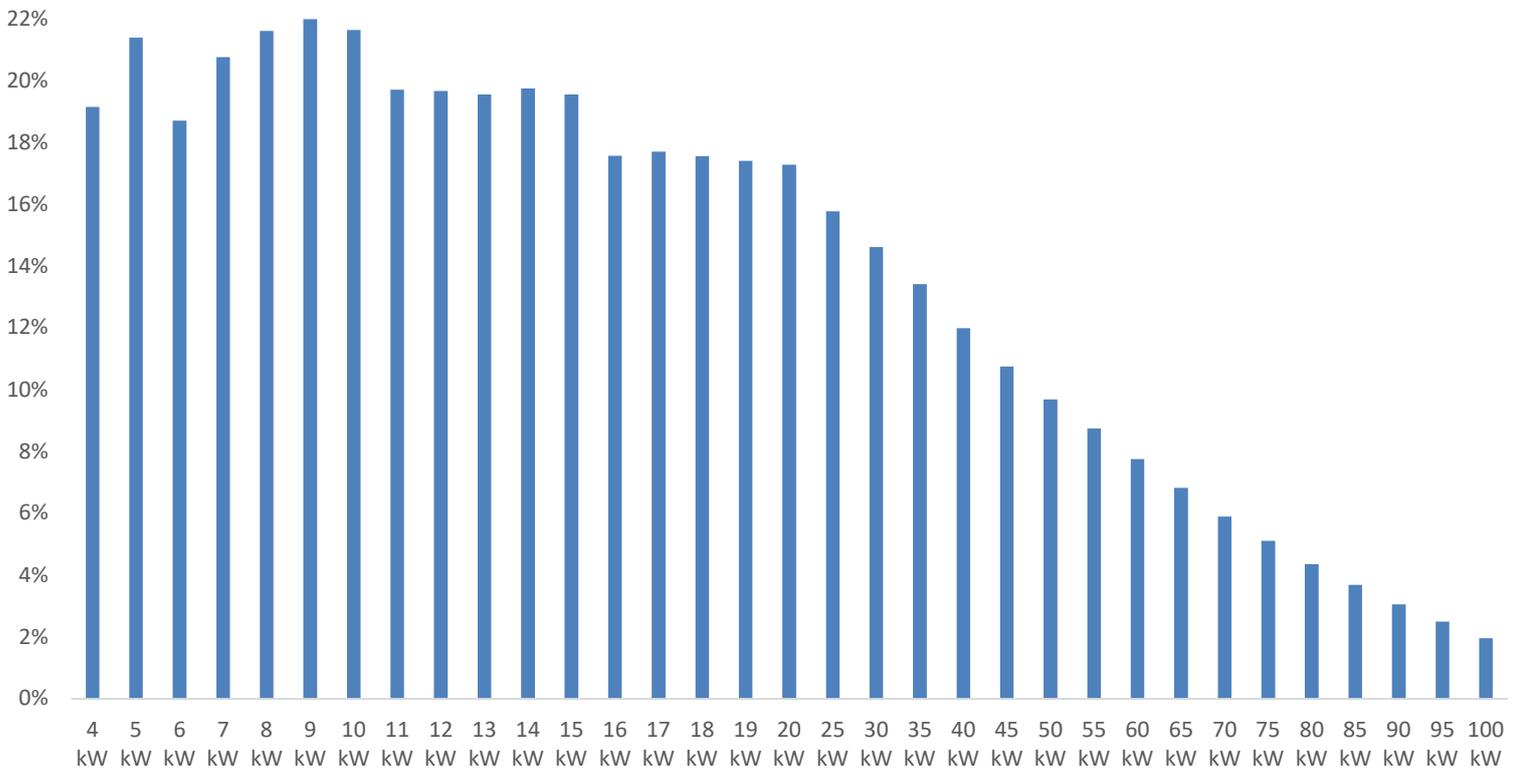


Figura 30. TIR según la potencia instalada

A diferencia del VAN, la TIR tiene su máximo entre los 8 y 10 kWp, lo que nos dice que el porcentaje de beneficio entre todas las inversiones va a ser mayor entre esos valores. Este cambio respecto a lo que nos mostraba el VAN habrá que tenerlo en cuenta en el análisis final, para elegir que potencia es más conveniente.

5.4.3 Payback

Por último, se tendrá en cuenta el payback, que nos mostrará el tiempo que se requiere para recuperar el capital inicial de una inversión. Este indicador es el más sencillo de calcular, ya que, como muestra la Ecuación 5, solo necesitamos los datos de inversión inicial (I_0), y el valor de los flujos de caja que lleve asociados la inversión en concreto (F_t).

Ecuación 5. Expresión del payback

$$Payback = \frac{I_0}{F_t}$$

Así pues, aplicando esta expresión se obtienen los siguientes resultados expresados en forma de gráfico (Figura 31).

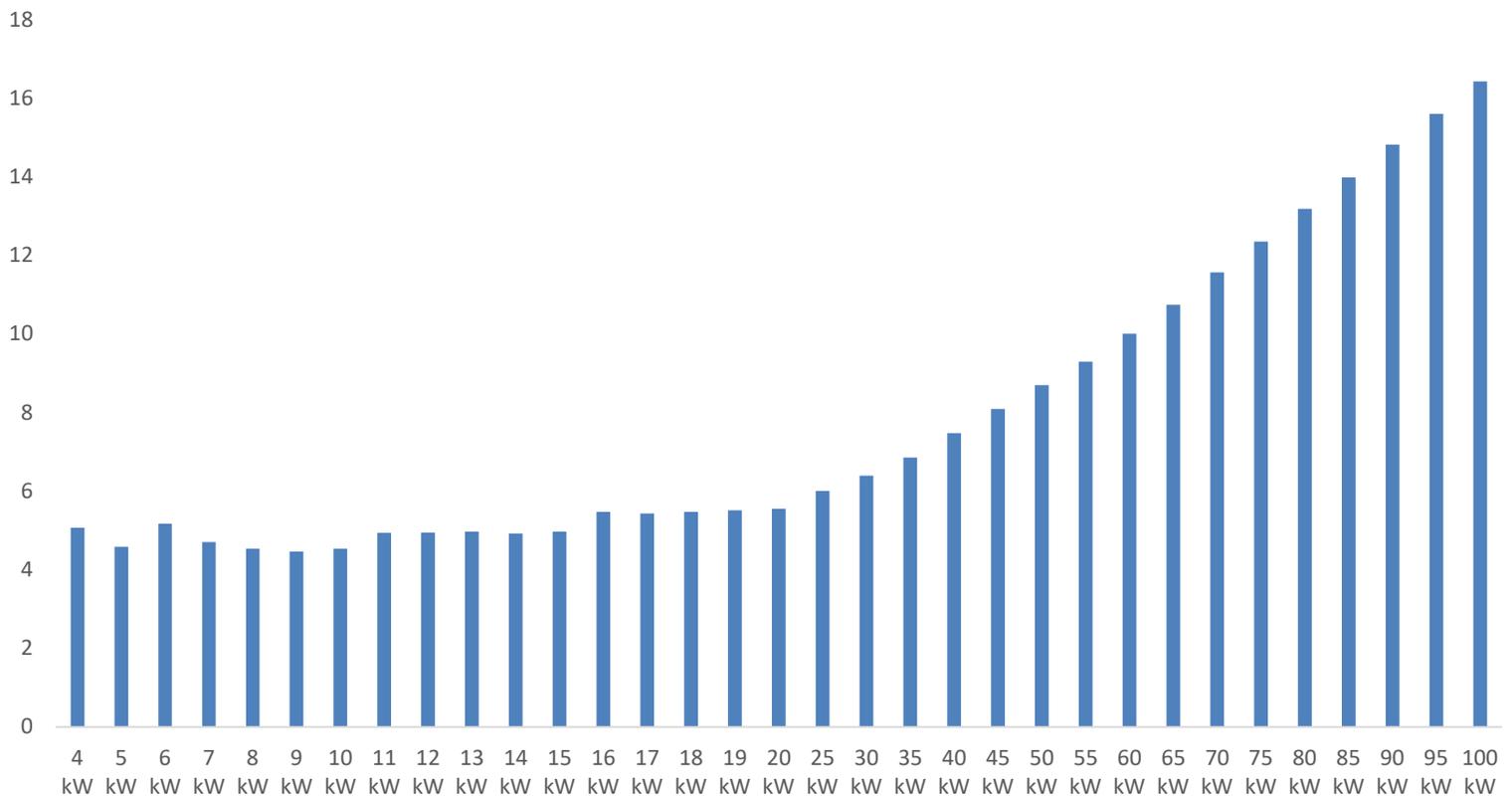


Figura 31. Payback según la potencia instalada

Este indicador nos muestra de una forma bastante clara que según se aumente la inversión, los valores del payback van a ser mayores, aunque esta subida es mucho más acentuada en las potencias más altas, ya que, como se vio en el punto 5.3.2 los flujos de caja empiezan a volverse contantes pero la inversión no deja de crecer, por lo que el tiempo de recuperación será más alto. Se puede apreciar que los menores tiempos de recuperación de la inversión están entre 8 y 10 kWp.

6 CONCLUSIONES

En este proyecto se ha llevado a cabo un desarrollo del proceso de instalación de tecnología fotovoltaica en un edificio de viviendas para autoconsumo compartido, para lo cual, se ha investigado sobre cual sería el edificio idóneo para desarrollar este trabajo, en base a criterios estadísticos, se ha investigado sobre cual sería el consumo del edificio y el coste que conlleva consumir esa energía, se ha buscado los mejores elementos para que la instalación sea lo más eficiente posible, hallando, además, para diferentes potencias pico la producción de energía, pudiendo conseguir con esto una simulación de la nueva facturación para conseguir los flujos de caja para poder hacer un análisis económico del proyecto.

De lo anterior, quizás lo más importante a remarcar sea la amplia variedad de potencias para los que la instalación de paneles fotovoltaicos es rentable, ya que, hasta el torno a los 80 kWp, el VAN es positivo y por tanto es rentable, en mayor o menor medida, por lo que, la tecnología fotovoltaica, además de ser una tecnología limpia y respetuosa con el medio ambiente, es una tecnología rentable.

Pero ¿Cuál es la potencia que mejor conviene visto todos los datos expuestos en el estudio? Antes de comparar los criterios económicos hay que tener en cuenta que el espacio es limitado, ya que el edificio tiene una superficie de 472,77 m², por lo que el número máximo de paneles que puede albergar es de 160 paneles, respetando la zona central para que se pueda salir a la azotea y un pasillo entre filas de paneles y uno central, para poder acceder a los mismos en caso de avería y para evitar las sombras que producirán unos a los otros, por lo que la potencia máxima que se podría instalar sería de 59 kWp.

Una vez sabemos el máximo, podemos mirar los indicadores económicos estudiados, buscando el máximo de entre los 3, Si nos basamos solo en el VAN, la potencia a instalar sería de 35 kWp, si miramos la TIR, la potencia a instalar sería de 10 kWp y si miramos el payback sería de 9 kWp, aunque este indicador es muy similar entre 9 kWp y 15 kWp, entonces, ¿Cuál se elige? Aparte de los indicadores, hay que tener en cuenta que esta instalación se va a realizar en un edificio ya construido y habitado, por lo que puede existir rechazo de los habitantes del mismo a instalar paneles solares si la inversión es excesivamente alta o si el retorno de la misma tarda demasiado tiempo, por lo que se elige una instalación de 10 kWp, ya que no es una inversión excesivamente alta, como para hacer que haya un gran rechazo de los habitantes del edificio, el payback es de los más bajos, de 4, años, y aunque no es el que tiene un VAN más alto, tiene un valor importante y, cara al usuario, no va a ser el indicador principal que tener en cuenta. Además, el no ocupar toda la zona de la azotea, deja espacio para el uso común que se le diera anteriormente, lo que puede hacer que el proyecto sea mejor recibido entre los habitantes del edificio.

Una interesante futura línea de trabajo puede ser añadir la instalación de baterías para recoger la energía sobrante, pero el alto costo de estas que haría que la inversión inicial aumentara en gran medida descarta añadirlas para este estudio.

Si nos referimos a un edificio de nueva construcción los resultados variarían en gran medida, ya que el coste de la inversión estaría recogido dentro del costo total de la compra de la vivienda, lo que haría que, frente al alto precio de la misma, la instalación fotovoltaica no pareciera tan grande y entonces si se podría explorar aumentar la potencia instalada y la instalación de baterías.

En los anexos siguientes se añaden las facturas correspondientes a la instalación elegida, así como diagramas unifilares y planos y los gráficos por meses, para que se pueda observar con detalle todos los cálculos referidos a la instalación elegida.

REFERENCIAS

- [1] INE, «INE. Instituto Nacional de Estadística,» [En línea]. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176952&menu=ultiDatos&idp=1254735572981. [Último acceso: Febrero 2021].
- [2] I. p. l. D. y. A. d. l. E. (IDAE), «Consumos del Sector Residencial en España, Resumen de Información Básica,» [En línea]. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf.
- [3] R. E. d. España (REE), 2021. [En línea]. <https://www.ree.es/es/clientes/consumidor/gestion-medidas-electricas/consulta-perfiles-de-consumo>.
- [4] Thyssenkruppelevator. [En línea]. <https://www.thyssenkruppelevator.com/tools/energy-calculator/>.
- [5] Idealo. [En línea]: <https://www.idealo.es/magazin/hogar/ahorro-factura-luz-bombillas-led?cmpReload=true>.
- [6] O. d. C. y. U. (OCU). [En línea]. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/test/comparar-paneles-fotovoltaicos>.
- [7] C. Energético. [En línea]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/blog/comparativa-de-inversores-fotovoltaicos-para-autoconsumo-en-vivienda-actualizado-2019/>.
- [8] s. p. s. Autosolar. [En línea]. <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-inclinada-30o-1-panel-60c-cve>.
- [9] PVGIS. [En línea]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#MR.
- [10] R. 244/2019. [En línea]. <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>.
- [11] Monsolar. [En línea]. <https://www.monsolar.com/calculadora-secciones-cables>.
- [12] Selectra. [En línea]. <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion>.
- [13] BOE-A-2021-6390. [En línea]. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/04/22/pdfs/BOE-A-2021-6390.pdf>.
- [14] BOE-A-2021-4565. [En línea]. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/03/23/pdfs/BOE-A-2021-4565.pdf>.
- [15] C. N. d. l. M. y. l. Competencia. [En línea]. https://www.cnmc.es/sites/default/files/2764314_40.pdf.

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS

Hi-MO **4m**

LR4-60HPH 355~385M

- Suitable for distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M6 Gallium-doped Wafer
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability



12-year Warranty for
Materials and Processing



25-year Warranty for Extra
Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2015: ISO Quality Management System

ISO 14001:2015: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

ISO 45001: 2018: Occupational Health and Safety

LONGI



21.1%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~+5W
POWER
TOLERANCE

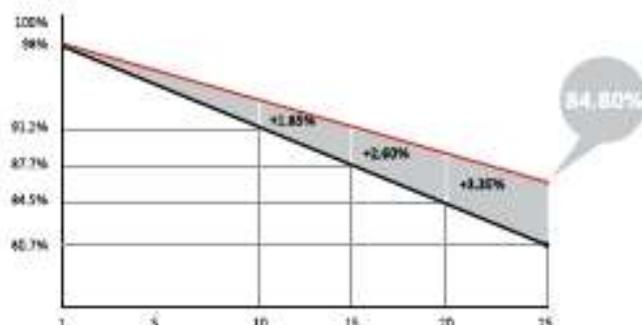
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

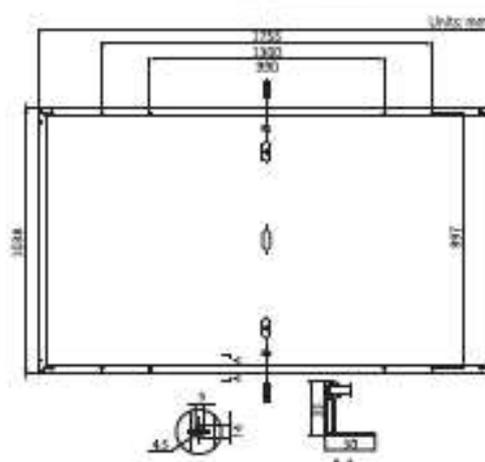
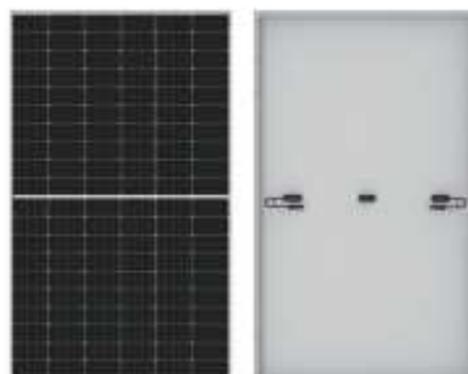
Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	120 (6×20)
Junction Box	IP68, three clodes
Output Cable	4mm ² , 1200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	19.5kg
Dimension	1755×1038×35mm
Packaging	30pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 780pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC: AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT: AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for P_{max}: ±1%

Module Type	LR4-60HPH355M		LR4-60HPH360M		LR4-60HPH365M		LR4-60HPH370M		LR4-60HPH375M		LR4-60HPH380M		LR4-60HPH385M	
	STC	NOCT												
Maximum Power (P _{max} /W)	355	265.1	360	268.8	365	272.6	370	276.3	375	280.0	380	283.8	385	287.5
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	40.9	37.8	40.5	38.0	40.7	38.2	40.9	38.3	41.1	38.5	41.3	38.7	41.5	38.7
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	11.25	9.30	11.35	9.17	11.48	9.25	11.52	9.32	11.60	9.28	11.69	9.40	11.77	9.48
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	33.8	31.5	34.0	31.7	34.2	31.8	34.4	32.0	34.6	32.2	34.8	32.4	35.0	32.3
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	10.51	8.43	10.59	8.49	10.68	8.56	10.76	8.63	10.84	8.69	10.92	8.76	11.00	8.82
Module Efficiency(%)	19.5		19.8		20.0		20.3		20.6		20.9		21.1	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5W
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	-45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.350%/°C



Inversor Monofásico con Tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H
SE4000H, SE5000H, SE6000H

INVERSORES



Instalación optimizada con tecnología de HD-Wave

- Especialmente diseñados para trabajar con los optimizadores de energía
- Récord de rendimiento
- Extremadamente pequeños, livianos y fáciles de instalar
- Gran confiabilidad
- Monitoreo integrado a nivel de módulo
- Instalación en exteriores e interiores
- Inversor de tensión fija para cadenas más largas
- Control de la Gestión Inteligente de Energía
- Compatible con la interfaz StorEdge para aplicaciones StorEdge™





Inversor Monofásico con Tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H
SE4000H, SE5000H, SE6000H

	SE2200H	SE3000H	SE3500H	SE3680H	SE4000H	SE5000H	SE6000H		
SALIDA									
Potencia nominal de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ⁽¹⁾	6000	VA	
Máxima potencia de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ⁽¹⁾	6000	VA	
Tensión de salida CA (nominal)	220 / 230							Vac	
Rango de tensión de salida CA	184 - 264,5							Vac	
Frecuencia CA (nominal)	50 / 60 ± 5							Hz	
Corriente máxima de salida continua	10	14	16	16	18,5	23	27,5	A	
Monitoreo de red, protección contra funcionamiento en isla, umbrales configurables por países	Sí								
ENTRADA									
Máxima potencia de CC	3400	4650	5425	5700	6200	7750	9300	W	
Sin transformador, sin puesta a tierra	Sí								
Tensión máxima de entrada	480							Vdc	
Tensión de entrada CC nominal	380							Vdc	
Corriente máxima de entrada	6,5	9	10	10,5	11,5	13,5	16,5	Adc	
Protección contra polaridad inversa	Sí								
Detección de aislamiento de falla de puesta a tierra	Sensibilidad de 600 kΩ								
Rendimiento máximo del inversor	99,2							%	
Rendimiento ponderado europeo	98,3	98,8				99		%	
Consumo de energía durante la noche	< 2,5							W	
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES									
Interfaces de comunicación compatibles	RS485, Ethernet, ZigBee (opcional), Wifi (opcional), telefonía móvil (opcional)								
Gestión inteligente de la energía	Limitación de la exportación, Smart Energy, aplicaciones StorEdge								
CUMPLIMIENTO DE NORMAS									
Seguridad	IEC-62109-1/2, AS-3100								
Normas sobre conexión a la red	AS-4777, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, UTE C15-712, GB3/2, G59/3, CEI-021, EN 50438, IEC61727, IEC62116, ÖNORM, TF3.2.1, C10-11, NRS 097-2-1								
Emisiones	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12, FCC, parte 15, clase B								
ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN									
Salida CA – Diámetro cable compatible	9 - 16							mm	
CA – Sección del cable compatible	1 - 16							mm ²	
Entrada CC	1 x MC4				2 x pares MC4				
Dimensiones (Al. x An. x Pr.)	280 x 370 x 142							mm	
Ruido	< 25							dBA	
Peso	7,8				9	10,6		kg	
Enfriamiento	Convección natural								
Rango de temperatura de trabajo	-20 a +60 ⁽²⁾ (-40° C opcionalmente)							°C	
Grado de protección	IP65 – Exteriores e interiores								

⁽¹⁾ 4000 VA en Alemania

⁽²⁾ Para más información sobre reducción de la potencia, consultar <https://www.solaredge.com/sites/default/files/ie-temperature-derating-note.pdf>.

CE RoHS



TOPSOLAR PV ZZ-F / H1Z2Z2-K

Cable para instalaciones solares fotovoltaicas TÜV y EN.

EN 50618/ TÜV ZPfg II69-08 / UTE C 32-502

DISEÑO



E_{ca}

Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Goma libre de halógenos.

Cubierta

Goma libre de halógenos de color negro o rojo.

APLICACIONES

El cable Topsolar ZZ-F/H1Z2Z2-K, certificado TÜV y EN, es apto para instalaciones fotovoltaicas, tanto en servicio móvil como en instalación fija. Cable muy flexible especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor de corriente continua o alterna. Compatible con la mayoría de conectores. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado a la intemperie en plenas garantías.





CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 1,5/1,5 - 1kV - (1,8) kV DC



Norma de referencia

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502



Certificaciones

Certificados
CE
TÜV
EN
RoHS



E_{ca}



Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 120°C
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)
Temp. mínima de servicio: -40°C



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.
Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%.
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.
Reacción al fuego CPR, E_{ca} según la norma EN 50575



Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior.
Resistencia a los Impactos: AG2 Medio.



Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



Resistencia a los rayos Ultravioleta

Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.



Presencia de agua

Presencia de agua: ADB sumergida.



Vida útil

Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60216-2



Otros

Marcaje: metro a metro.



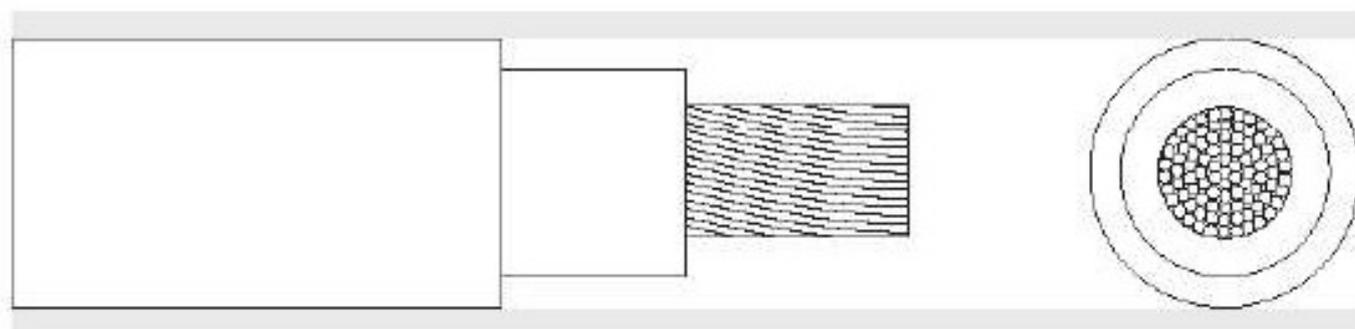
Condiciones de instalación

Al aire.
Enterrado.



Aplicaciones

Instalaciones solares fotovoltaicas.



DIMENSIONES

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Alre libre (A)	Int. Sobre Superficie (A)	Int. Adyacente a Superficie (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 2,5	4,8	42	41	39	33	23,0
1 x 4	5,3	57	55	52	44	14,3
1 x 6	5,9	76	70	67	57	9,49
1 x 10	7,0	120	98	93	79	5,46
1 x 16	8,2	179	132	125	107	3,47
1 x 25	10,8	294	176	167	142	2,23
1 x 35	11,9	390	218	207	176	1,58

Intensidades máximas admisibles según IEC 60364-5-52.

Para otras condiciones de instalación, consultar factores de corrección en el anexo de este catálogo.

Consulte más datos técnicos en la especificación particular del cable y en la Declaración de Prestaciones (DoP).

Top Cable se reserva el derecho de llevar a cabo cualquier modificación de esta ficha técnica sin previo aviso.

Para más información: ventas@topcable.com

Orona 3G

1015

Solución a medida para edificios residenciales

Solución eléctrica gearless sin sala de máquinas (MRLG).

Características generales

Carga	320 a 1000 kg
Capacidad	4 a 13 personas
Velocidad	1 - 1,6 m/s
Recorrido máximo	50 - 60 m
Número máximo de paradas	16 - 21 paradas
Opción sala de máquinas	Si (Orona 3G 1025)
Embarques	Simple embarque / Doble embarque 180°
Sistema de accionamiento	Eléctrico regulado (240 conexiones / hora)
Maniobra	Sistema de control ARCA III, multiprocesador de bajo consumo
Tipos de puerta	Automáticas de apertura lateral / Automáticas de apertura central
Luz de puerta	Desde 600 a 1500 mm (en intervalos de 100 mm)
Altura de puerta	2000 / 2100 / 2200 / 2300 mm
Dimensiones de cabina	Dimensiones de cabina paramétricas
Altura interior de cabina	2100 / 2200 / 2300 / 2400 mm
Estéticas disponibles	Orona 3G Domo Packs Reference Orona 3G Domo Packs Selection / Orona 3G Domo Plus

Estándar Opcional



1 ACCIONAMIENTO

Máquina eléctrica regulada, compacta, silenciosa, sin engranajes, de alta eficiencia energética con motor de imanes permanentes.



2 PUERTAS

Con motor compacto de imanes permanentes, que permite movimientos de apertura y cierre rápidos, precisos y silenciosos, elevando el estándar actual de presentaciones, con apertura anticipada y/o cortina fotoeléctrica. Puerta Solo opcional para situaciones de tráfico intenso.



3 PARAMÉTRICO/ FLEXIBLE

El producto paramétrico permite la posibilidad de adaptar el ascensor a la mayoría de las necesidades de espacio que se puedan plantear (opcional).



4 TRÁNSITO BAJO FOSO

Adaptable a edificios donde se requiere el paso de personas bajo foso (opcional).



5 HUECO REDUCIDO

Sistema opcional que permite reducir el espacio necesario en la última planta del edificio. Garantizando la máxima seguridad y protección a los técnicos de mantenimiento.



6 ELEMENTOS DE TRACCIÓN

Que sustituyen a los tradicionales cables de acero. Su menor peso y una mayor vida y flexibilidad posibilitan la utilización de una máquina más compacta, con un motor más eficiente y ecológico.



7 RENDIMIENTO DE HUECO

Ascensores diseñados especialmente para aprovechar el máximo espacio en el hueco, obteniendo una buena relación entre el espacio disponible y la cantidad de pasajeros a transportar.



8 SISTEMA DE EVACUACIÓN AUTOMÁTICA

Aunque incorpora de serie un sistema de rescate semiautomático en planta para garantizar una evacuación rápida, segura y eficaz, opcionalmente, se ofrece un sistema de evacuación automático orientado principalmente al caso de corte de suministro eléctrico.



9 COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL

Entre la cabina y el Centro de Servicio 24 horas, según EN 81-28.



Solución a medida, ejemplos de dimensiones*

Carga / Capacidad			Cabina			Hueco ²							
Velocidad	Personas	Q Carga	AC Ancho	FC Fondo	PL Luz	Embarques		Puertas TT apertura lateral		Puertas CC apertura central		HF Foso	HUP ³ Ult. Planta
						Accesibilidad	Nº de embarques	AH ⁴ Ancho	FHP ⁵ Fondo	AH Ancho	FHP Fondo		
1 m/s	4	320 kg	825	1100	700		1 2x180 ⁶	1300	1350 1500			1000 (830) ⁴	3400 3400 (3050) ⁴
	6	450 kg	1000	1250	800	♿	1 2x180 ⁶	1450	1500 1650	1725	1450 1550		
	8	630 kg	1100	1400	900	♿	1 2x180 ⁶	1600	1675 1850	1925	1625 1750		
	10	800 kg	1350	1400	900		1 2x180 ⁶	1825	1675 1850	1925	1625 1750		
	13	1000 kg	1600	1400	1000		1 2x180 ⁶	2075	1675 1850	2150	1625 1750		
			1100	2100	1000		1 2x180 ⁶	1775	2375 2550	2125	2300 2400		
1,6 m/s	4	320 kg	825	1100	700		1 2x180 ⁶	1325	1350 1500			1120	3650
	6	450 kg	1000	1250	800	♿	1 2x180 ⁶	1475	1500 1650	1725	1450 1550		
	8	630 kg	1100	1400	900	♿	1 2x180 ⁶	1625	1675 1850	1925	1625 1750		
	10	800 kg	1350	1400	900		1 2x180 ⁶	1850	1675 1850	1925	1625 1750		
	13	1000 kg	1600	1400	1000		1 2x180 ⁶	2100	1675 1850	2175	1625 1750		
			1100	2100	1000		1 2x180 ⁶	1775	2375 2550	2125	2300 2400		

0 Hueco sin desplomes

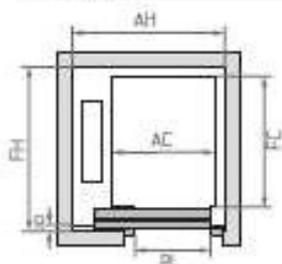
- 1 Paso de personas bajo foso (Paracaidas en contrapeso) añadir 115 mm al AH
- 2 R=60 mm, fondo hueco con puertas TT telescópicas de 2 hojas apoyadas 60 mm en el forjado
- 3 R=40 mm, fondo hueco con puertas CC centrales de 2 hojas apoyadas 40 mm en el forjado

4 HF reducida opcional 830 mm

- 5 HUP mínima para altura interior de cabina (HC) de 2100 mm
 - 6 HUP reducida opcional (HUP=HC+900). Consultar disponibilidad de dimensiones de cabina
- * Información no contractual sujeta a condiciones de hueco
TT - Puerta telescópica de 2 hojas
CC - Puerta central de 2 hojas

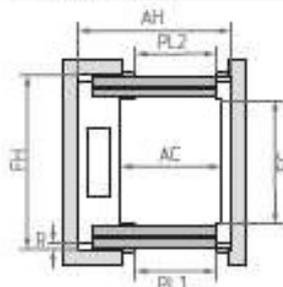
Configuración*

1 EMBARQUE

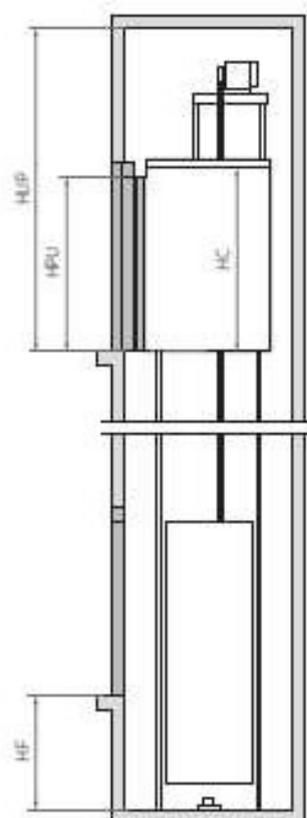


* Nota: los esquemas son orientativos

2 EMBARQUES 180°



SECCIÓN VERTICAL



Dimensiones de cabina personalizadas

Ancho de cabina										Fondo de cabina																			
										1600																			
										1500																			
										1400																			
										1300																			
										1200																			
										1100																			
										1000																			
										900																			
										800																			
2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500								

Nota: Dimensiones para 1 embarque. Ancho y fondo de cabina variable, en incrementos de 5 mm. Por simplificación, la tabla muestra incrementos de 100 mm.

ANEXO B: DATOS DESARROLADOS PARA LA POTENCIA PICO ELEGIDA (10 kWp)

Anexo B.1. Factura ejemplo 2.0TD para un mes con 10 kWp instaladoInstalación
sin PV

Enero

Término fijo

Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes	
Peaje de acceso P1		6	3,45	0,084 €	31	53,93 €
Peaje de acceso P3		6	3,45	0,004 €	31	2,50 €
Margen comercialización		6	3,45	0,009 €	31	5,47 €
Peaje de acceso P1		5	4,4	0,084 €	31	57,31 €
Peaje de acceso P3		5	4,4	0,004 €	31	2,66 €
Margen comercialización		5	4,4	0,009 €	31	5,82 €
Peaje de acceso P1		1	5,75	0,084 €	31	14,98 €
Peaje de acceso P3		1	5,75	0,004 €	31	0,70 €
Margen comercialización		1	5,75	0,009 €	31	1,52 €
Peaje de acceso P1		1	10	0,084 €	31	26,05 €
Peaje de acceso P3		1	10	0,004 €	31	1,21 €
Margen comercialización		1	10	0,009 €	31	2,64 €
Total término fijo						174,79 €

Término variable

Energía consumida	kWh	€/kW	€/mes
Coste energía	3516,506042		428,50 €
Peaje de acceso punta	893,9496628	0,13 €	119,00 €
Peaje de acceso llano	835,0126014	0,04 €	34,88 €
Peaje de acceso valle	1787,543778	0,01 €	10,73 €
Total término variable			593,11 €

Subtotal

767,90 €

Otros

Varios	días	€	%	€/mes
Impuesto eléctrico			5,11%	39,24 €
Alquiler contador	31	0,81		25,11 €

Subtotal 2

832,25 €

IVA

21%

174,77 €

TOTAL FACTURA**1.007,02 €**

Instalación con PV

Enero

Término fijo

Potencia contratada	Pisos	kW	€/kW/día	días	€/mes
Peaje de acceso P1	6	3,45	0,084 €	31	53,93 €
Peaje de acceso P3	6	3,45	0,004 €	31	2,50 €
Margen comercialización	6	3,45	0,009 €	31	5,47 €
Peaje de acceso P1	5	4,4	0,084 €	31	57,31 €
Peaje de acceso P3	5	4,4	0,004 €	31	2,66 €
Margen comercialización	5	4,4	0,009 €	31	5,82 €
Peaje de acceso P1	1	5,75	0,084 €	31	14,98 €
Peaje de acceso P3	1	5,75	0,004 €	31	0,70 €
Margen comercialización	1	5,75	0,009 €	31	1,52 €
Peaje de acceso P1	1	10	0,084 €	31	26,05 €
Peaje de acceso P3	1	10	0,004 €	31	1,21 €
Margen comercialización	1	10	0,009 €	31	2,64 €
Total término fijo					174,79 €

Término variable

Energía consumida	kWh	€/kW	€/mes
Coste energía	3516,506042		289,60 €
Peaje de acceso punta	893,9496628	0,13 €	119,00 €
Peaje de acceso llano	835,0126014	0,04 €	34,88 €
Peaje de acceso valle	1787,543778	0,01 €	10,73 €
Total término variable			454,21 €

Subtotal

629,00 €

Otros

Varios	días	€	%	
Impuesto eléctrico			5,11%	32,14 €
Alquiler contador	31	0,81		25,11 €

Subtotal 2

686,26 €

IVA

21%

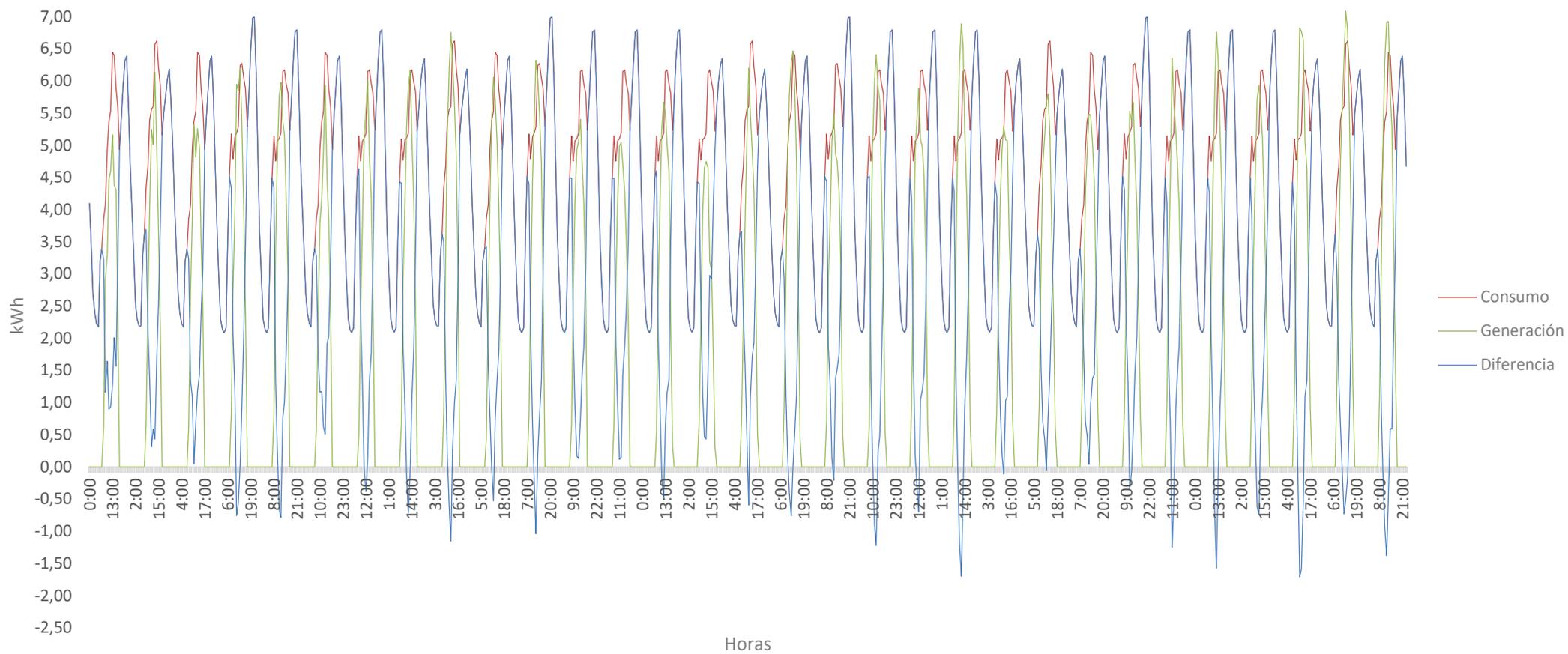
144,11 €

TOTAL FACTURA

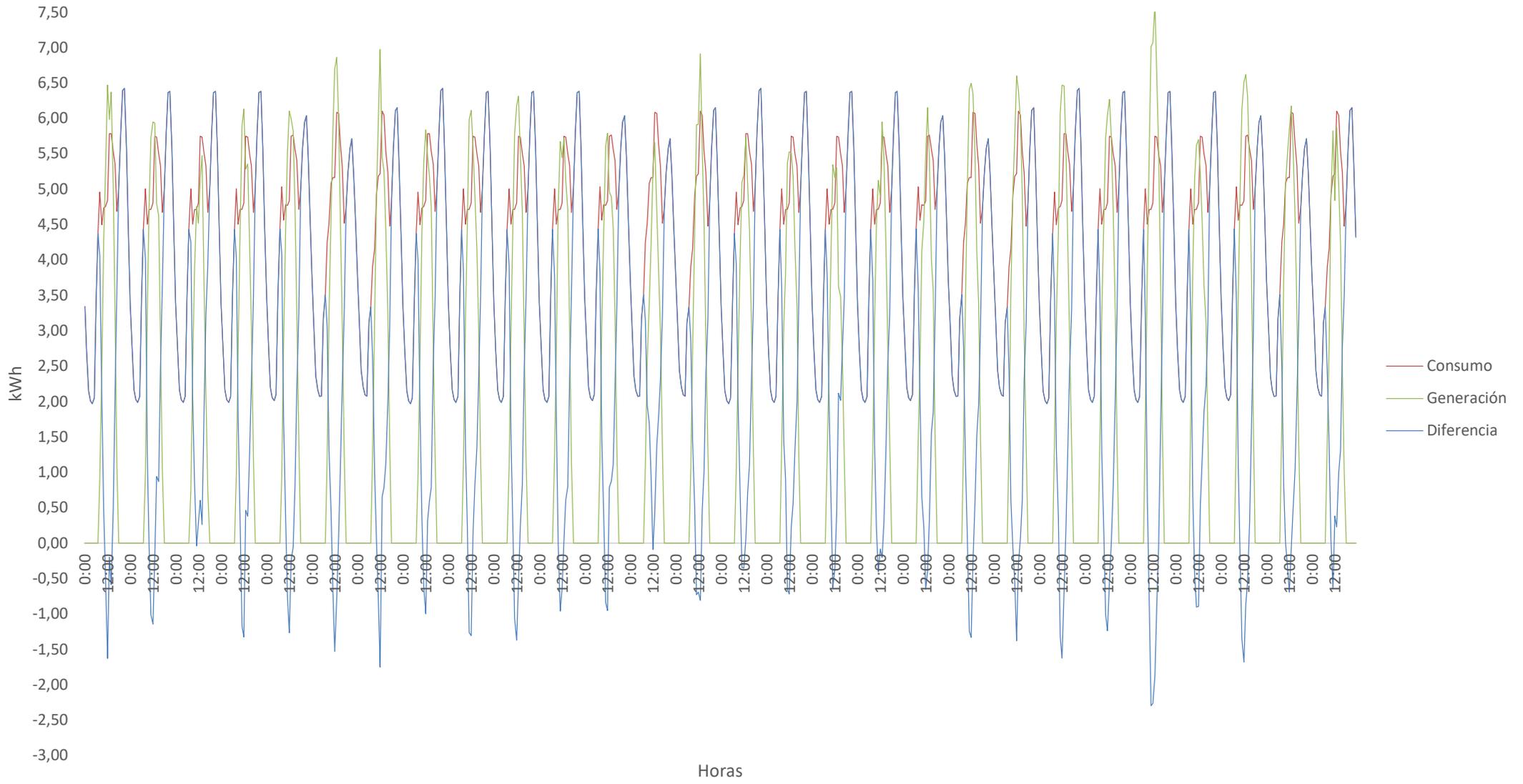
830,37 €

Anexo B.2. Gráficos por meses y planos

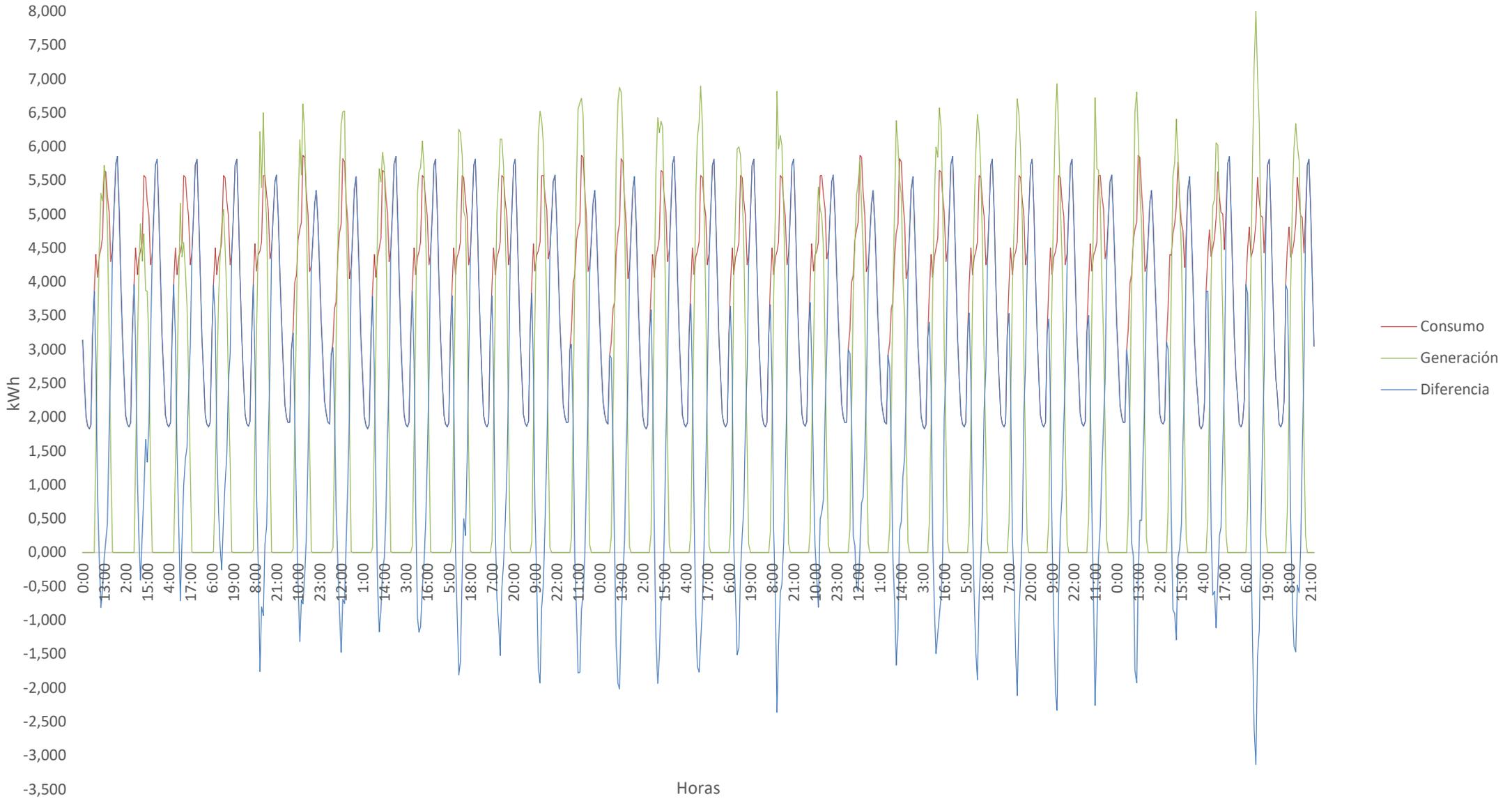
Enero



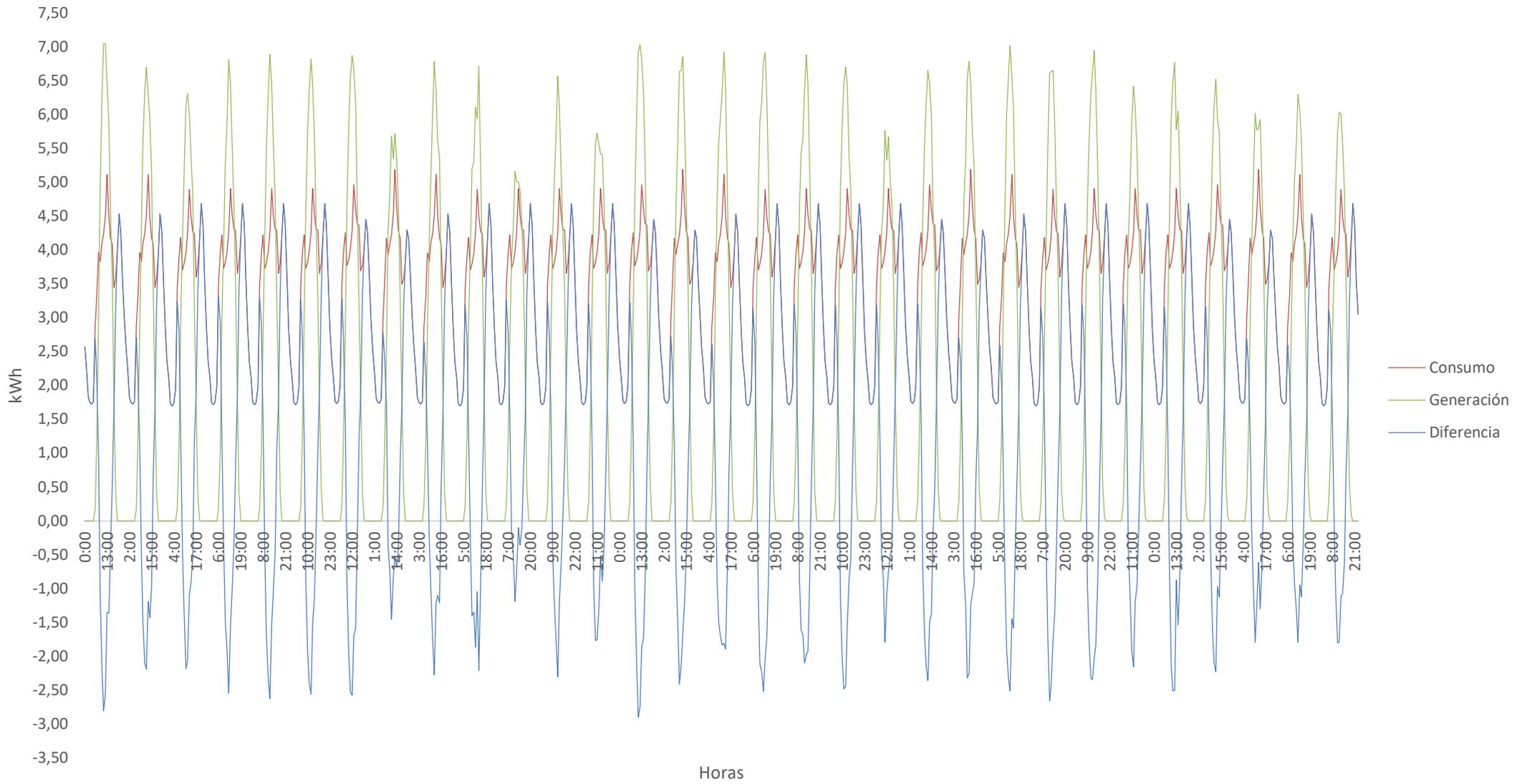
Febrero



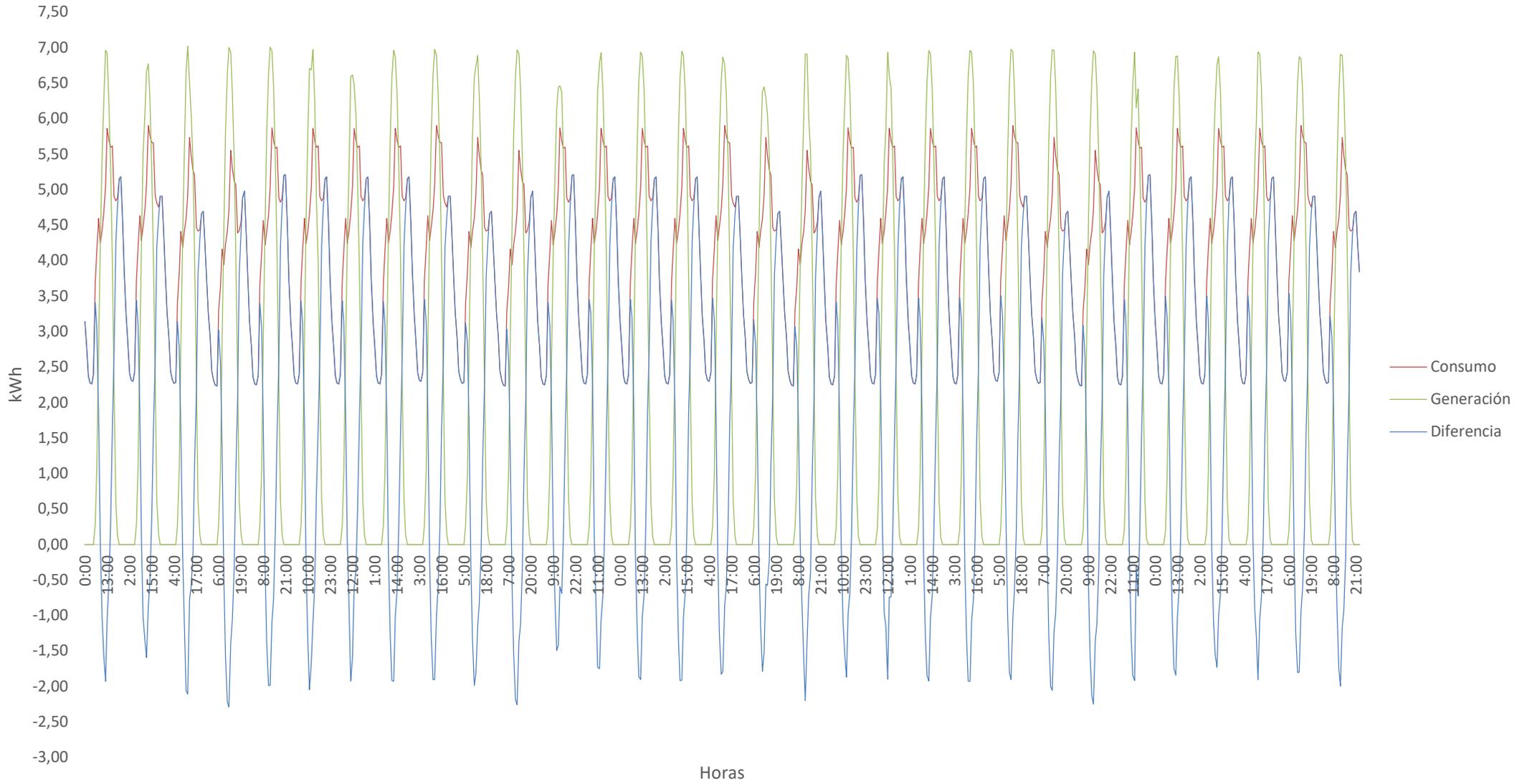
Marzo



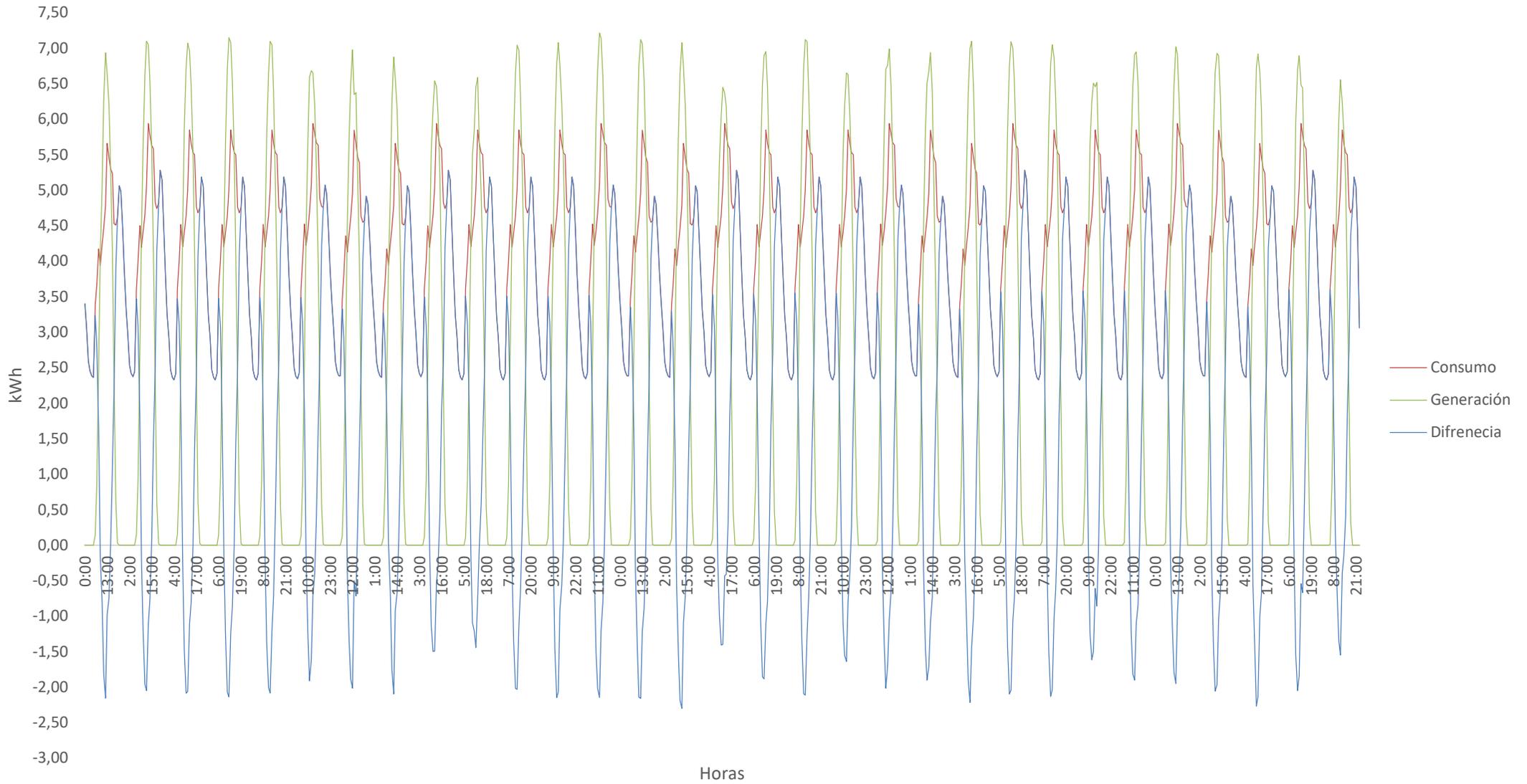
Mayo



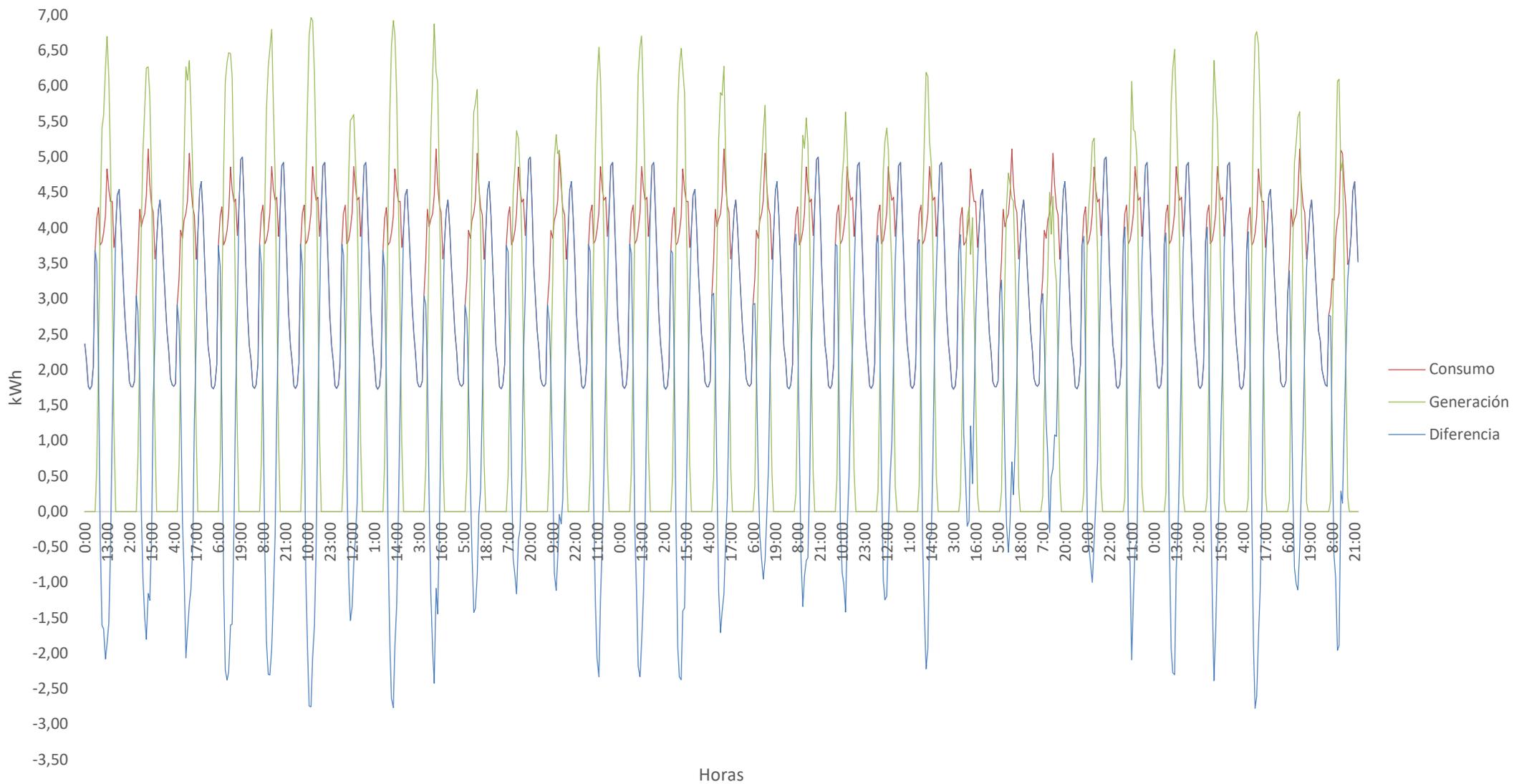
Julio



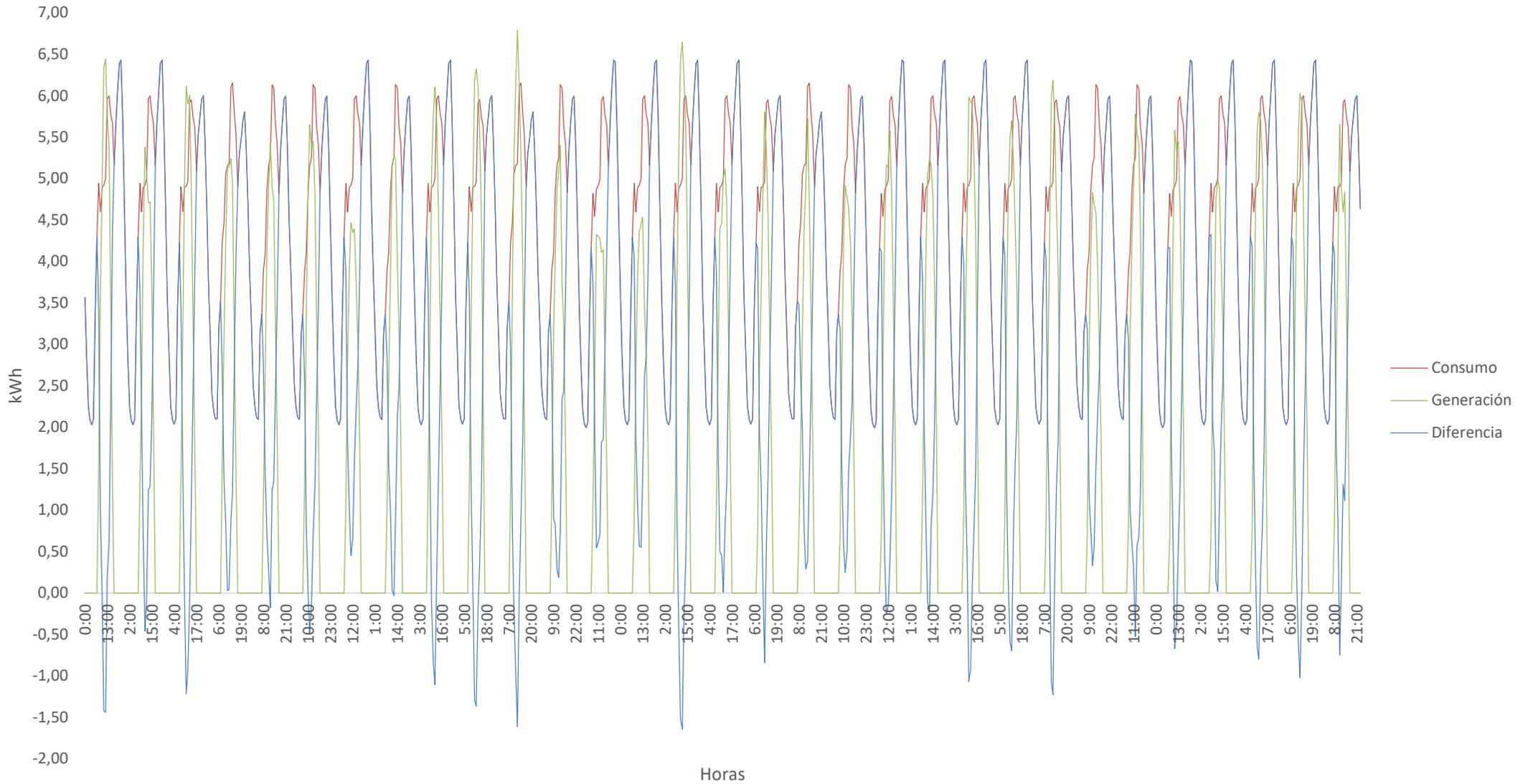
Agosto

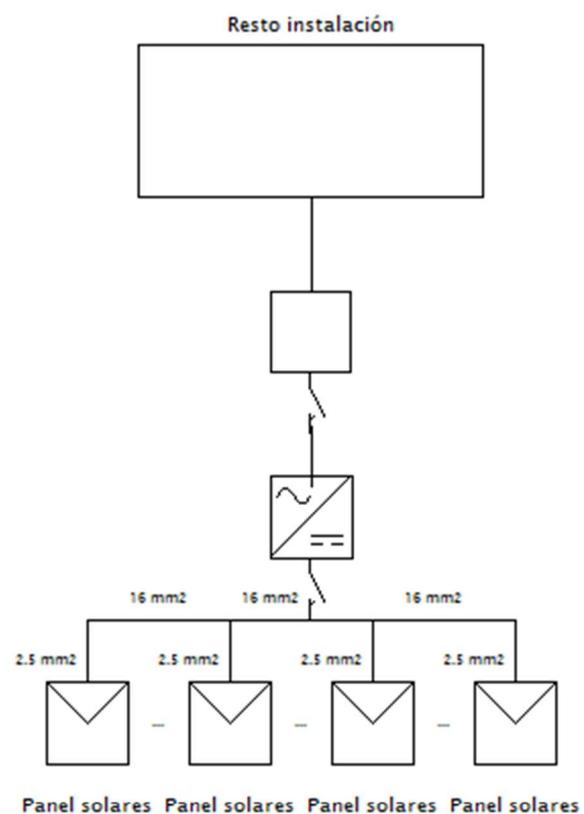


Octubre



Diciembre

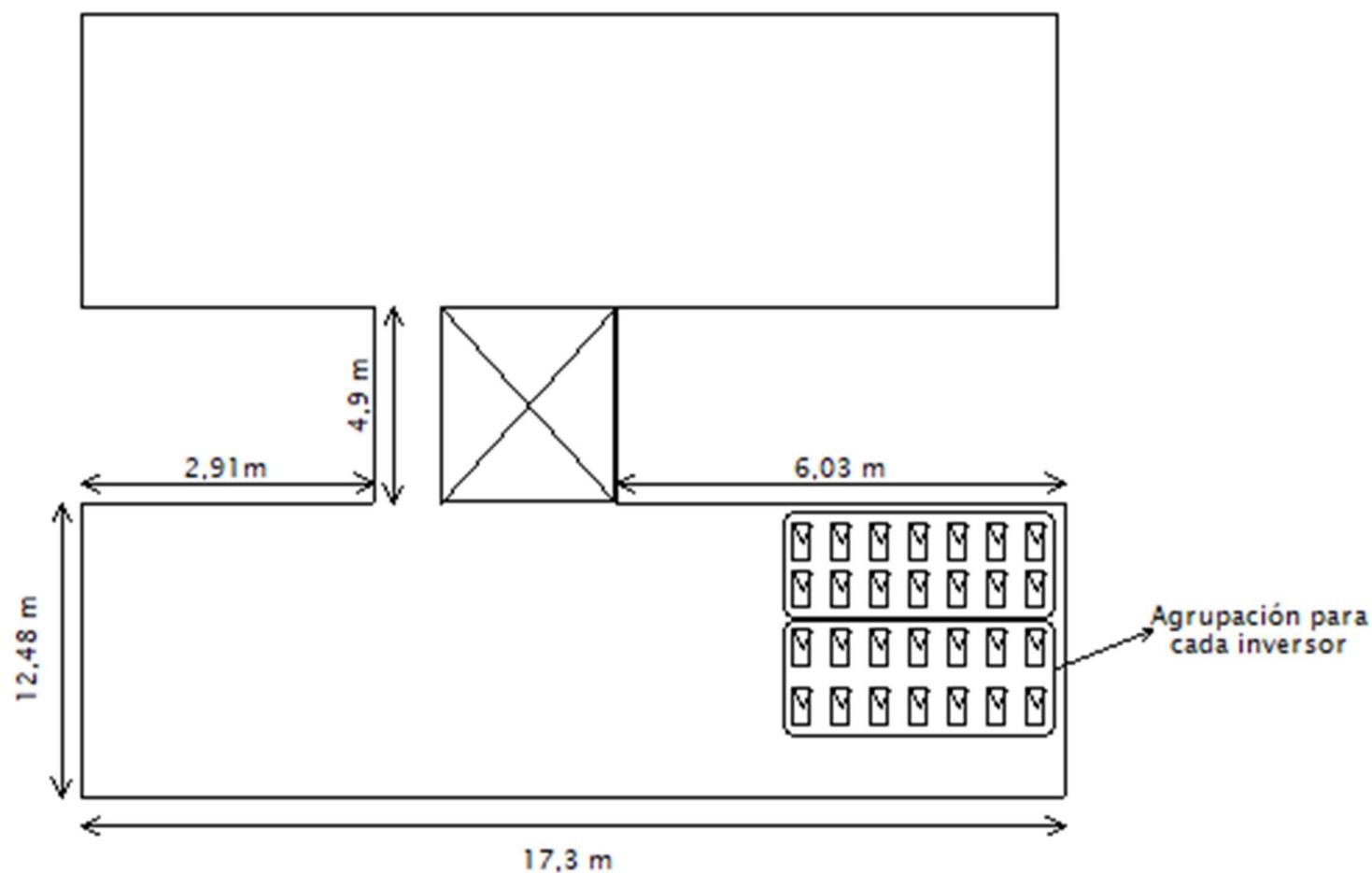




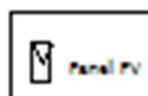
Leyenda

		
Interruptor automático	Inversor	Cuadro eléctrico

Dep. responsable Eléctrico	Creado por José Antonio Velázquez Murillo		
 Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA	Tipo de documento Plano	Estado del documento Por aprobar	Rev. 0
	Título, título suplementario Diagrama unifilar	Fecha de edición 22/07/2022	Hoja 1



Leyenda



Dep. responsable Eléctrico		Creado por José Antonio Velázquez Murillo	
 Instituto Tecnológico de INGENIERÍA DE SEVILLA	Tipo de documento Plano	Estado del documento Por aprobar	Rev. 0
	Título, título suplementario Diagrama unifilar	Fecha de edición 22/07/2021	Hoja 1