



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño de una instalación de autoconsumo
energético en el medio rural

Autor

Noé Villanueva Paricio

Director

Raúl Igual Catalán

Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

2021

Resumen

En este proyecto se aborda el diseño de una instalación de autoconsumo en el medio rural.

Para ello, se realiza un estudio previo sobre cómo es la producción energética renovable en la provincia de Teruel, realizando un desglose por comarcas.

La instalación se diseña realizando la estimación de cargas en una vivienda con un consumo elevado que incluye calefacción eléctrica y puntos de recarga de vehículos eléctricos, entre otros elementos. Se utilizan herramientas profesionales para el diseño de la instalación. Así mismo, se realiza un análisis de las diversas modalidades de autoconsumo en España, se selecciona la más idónea y se realiza una estimación de la disminución mensual en la factura de la luz emitida por la compañía eléctrica al disponer también de la instalación de autoconsumo diseñada.

Abstract

This project addresses the design of a self-consumption facility in rural areas.

First, a preliminary study is carried out about renewable energy production in the region of Teruel, showing detailed data.

Then, the installation is designed by estimating the loads in a home with high consumption that includes electric heating and charging points for electric vehicles, among other elements. Professional tools are used to design the installation. Likewise, an analysis of the various self-consumption modalities in Spain is carried out, the most suitable one is selected, and an estimate of the monthly decrease in the electricity bill is made.

Índice de contenido

1.	MOTIVACIÓN:	1
2.	OBJETIVOS:	1
3.	IINTRODUCCIÓN:	1
4.	ESTUDIO DE PRODUCCIÓN:	3
4.1.	Provincia de Teruel.	3
4.1.1.	Plantas de energía renovable.	3
4.1.2.	Plantas de energía no renovable.	4
5.	SITUACIÓN DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LAS DIVERSAS COMARCAS DE TERUEL:	5
5.1.	Comunidad de Teruel.	5
5.2.	Sierra de Albarracín.	5
5.3.	Jiloca.	6
5.4.	Matarraña.	6
5.5.	Bajo Aragón.	6
5.6.	Bajo Marín.	6
5.7.	Cuencas Mineras.	7
5.8.	Andorra-Sierra de Arcos.	7
5.9.	Maestrazgo.	7
5.10.	Gudar-Javalambre.	7
6.	AUTOCONSUMO:	10
6.1.	Aspectos técnicos.	10
6.2.	Aspectos de viabilidad económica.	11
6.3.	Aspectos administrativos.	11
7.	INSTALACIÓN A DISEÑAR:	12
7.1.	Tipo de instalación.	12
7.2.	Cargas de la instalación.	12
7.3.	Circuitos de la instalación.	13
8.	POTENCIA DE LA INSTALACIÓN:	15
9.	PREVISIÓN DE POTENCIA EN LAS CARGAS:	17
9.1	Cuadro principal (CMP).	17
9.1.1.	Potencia: circuito iluminación.	17
9.1.2.	Potencia: circuito tomas de uso general.	17
9.1.3.	Potencia: circuito cocina y horno.	17
9.1.4.	Potencia: circuito lavadora.	18
9.1.5.	Potencia: circuito lavavajillas.	18

9.1.6.	Potencia: circuito termo eléctrico.	18
9.1.7.	Potencia: circuito tomas húmedas.	19
9.1.8.	Potencia: circuito calefacción1.	19
9.1.9.	Potencia: circuito calefacción2.	19
9.1.10.	Potencia: circuito recarga de vehículo eléctrico.	20
9.2.	Potencia total del cuadro principal.	20
10.	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES:	21
10.1.	Derivación individual.	21
10.1.1.	Sección por calentamiento.	21
10.1.2.	Sección por caída de tensión.	21
10.2.	Cuadro principal (CMP).	22
10.2.1.	Circuito iluminación.	22
10.2.2.	Circuito tomas de uso general.	23
10.2.3.	Circuito cocina y horno.	23
10.2.4.	Circuito lavadora.	24
10.2.5.	Circuito lavavajillas.	25
10.2.6.	Circuito termo eléctrico.	26
10.2.7.	Circuito tomas húmedas.	26
10.2.8.	Circuito calefacción1.	27
10.2.9.	Circuito calefacción2.	28
10.2.10.	Circuito recarga de vehículos eléctricos.	29
10.3.	Fotovoltaica.	30
11.	PROTECCIONES Y CANALIZACIONES:	31
11.1.	Derivación individual.	31
11.2.	Grupo 1.	32
11.3.	Circuito de iluminación.	32
11.4.	Circuito de tomas de uso general.	32
11.5.	Circuito de cocina y horno.	32
11.6.	Circuito de lavadora.	33
11.7.	Circuito de lavavajillas.	33
11.8.	Circuito de termo eléctrico.	33
11.9.	Circuito de tomas húmedas.	33
11.10.	Circuito de calefacción1.	33
11.11.	Circuito de calefacción2.	34
11.12.	Circuito de recarga de vehículos eléctricos.	34

11.13.	Fotovoltaica.	34
11.	CONSUMO DE LA INSTALACIÓN:	36
11.1.	Consumo circuito iluminación.	36
11.2.	Consumo circuito tomas de uso general.	37
11.3.	Consumo circuito cocina y horno.	38
11.4.	Consumo circuito lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.	39
11.5.	Consumo circuito tomas húmedas.	40
11.6.	Consumo circuito calefacción.	41
11.7.	Consumo circuito recarga de vehículo eléctrico.	42
11.8.	Consumo Total de la instalación.	43
12.	RETSCREEN Expert:	44
12.1.	Datos meteorológicos según Retscreen.	45
12.2.	Datos de generación fotovoltaica según Retscreen.	45
12.3.	Datos de consumo de la energía en porcentaje.	45
12.4.	Datos de consumo de energía en kWh.	46
13.	ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL AUTOCONSUMO EN LA FACTURA DE LA LUZ:	47
13.1.	Factura sin autoconsumo.	47
13.1.1.	Término fijo.	47
13.1.2.	Término variable.	47
13.1.3.	Total antes del impuesto de electricidad.	48
13.1.4.	Total antes del IVA.	48
13.1.5.	Total factura.	48
13.2.	Facturas con autoconsumo.	48
13.2.1.	Término variable.	48
13.3.	Ahorro Mensual.	49
13.4.	% Ahorro con Autoconsumo.	49
13.5.	Facturas de la instalación.	49
14.	CONCLUSIÓN:	50
14.1.	Conclusiones generales del proyecto.	50
14.2.	Valoración personal.	50
15.	REFERENCIAS:	51
ANEXOS		
	Anexo I: Guía de tramitación de autoconsumo.	I
	Anexo II: Esquema unifilar.	XVI
	Anexo III: Excel provincia de Teruel (Formato digital)	
	Anexo IV: Excel comarcas de Teruel (Formato digital)	

Anexo V: Excel consumos (Formato digital)

Anexo VI: Excel generación Autoconsumo (Formato digital)

Anexo VII: Excel factura (Formato digital)

Anexo VIII: CYPELEC_RET (Formato digital)

Índice de tablas

Tabla 1. Consumo diario Circuito iluminación. _____	36
Tabla 2. Consumo mensual Circuito iluminación. _____	36
Tabla 3. Consumo diario Circuito tomas de uso general. _____	37
Tabla 4. Consumo mensual Circuito tomas de uso general. _____	37
Tabla 5. Consumo diario Circuito cocina y horno. _____	38
Tabla 6. Consumo mensual Circuito cocina y horno. _____	38
Tabla 7. Consumo diario Circuito lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. _____	39
Tabla 8. Consumo mensual Circuito lavavajillas, lavadora y termo eléctrico. _____	39
Tabla 9. Consumo diario Circuito tomas húmedas. _____	40
Tabla 10. Consumo mensual Circuitos tomas húmedas. _____	40
Tabla 11. Consumo diario Circuitos calefacción (situación invernal). _____	41
Tabla 12. Consumo mensual Circuito calefacción. _____	41
Tabla 13. Consumo diario Circuito recarga de vehículos eléctricos. _____	42
Tabla 14. Consumo mensual Circuitos recarga de vehículos eléctricos. _____	42
Tabla 15. Consumo total de la instalación. _____	43
Tabla 16. Porcentaje de energía autoconsumida, obtenida de la red eléctrica y excedentes. _____	46
Tabla 17. Energía autoconsumida, consumida de la red eléctrica y excedentes. _____	46
Tabla 18. Ahorro con autoconsumo. _____	49

Índice de figuras

Figura 1. Plantas de generación en la provincia de Teruel [5].	3
Figura 2. División de la provincia de Teruel por comarcas [6].	5
Figura 3. Potencia total instalada en Teruel (renovable y no renovable).	8
Figura 4. Potencia asociada a energías renovables instalada en Teruel	8
Figura 5. Potencia instalada por comarcas en Teruel.	9
Figura 6. Energía renovable por comarcas en Teruel.	9
Figura 7. Flujo de trabajo de RETScreen [44].	44
Figura 8. Datos meteorológicos según RETScreen.	45
Figura 9. Generación fotovoltaica según RETScreen.	45

1. MOTIVACIÓN:

La principal motivación para haber llevado a cabo este proyecto ha sido el aprendizaje para dimensionar el autoconsumo en una vivienda en la provincia de Teruel. Debido al cambio legislativo llevado a cabo en el 2019 en relación al autoconsumo en España [1] y al crecimiento exponencial de venta de vehículos eléctricos, existe una necesidad de aumento en la producción de energía eléctrica, que ha dado lugar a la demanda de profesionales en este sector, haciendo atractiva la inversión en el mundo de las energías renovables.

2. OBJETIVOS:

En esta sección vamos a presentar los objetivos del trabajo fin de grado que son:

- Estudiar cómo es la producción de energía eléctrica en la provincia de Teruel desglosada por comarcas.
- Realizar la estimación de cargas de una instalación de autoconsumo en una vivienda que incluya recarga de vehículos eléctricos.
- Realizar el diseño de la instalación con herramientas profesionales.
- Seleccionar la modalidad de autoconsumo más idónea en base a la legislación española y estimar la disminución en la factura de la luz tradicional al incluir la instalación de autoconsumo.

3. INTRODUCCIÓN:

La segunda mitad del siglo XIX contempló un cambio radical en la sociedad española. La introducción de la electricidad aplicada a la industria, que aparece por primera vez en Barcelona en el año 1873, supuso para un país como España una verdadera revolución en el campo de la industria, del transporte y de la vida cotidiana.

Anteriormente, en 1860 se habían realizado algunos ensayos científicos como el de Sevilla, donde se había probado un prototipo de alumbrado eléctrico mediante el empleo de lámparas de arco voltaico, que fue repetido después durante la feria de abril.

El máximo desarrollo de la energía eléctrica se produjo con el aprovechamiento de los saltos hidráulicos y el perfeccionamiento de las turbinas. La energía hidroeléctrica iría sustituyendo poco a poco al carbón o al gas, aunque nunca desaparecerían, ya que las centrales térmicas supusieron siempre un buen complemento [2].

El aprovechamiento por el hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas la energía solar, eólica e hidráulica, es muy antiguo. Desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "revolución industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma distribuida (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen). Además, tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica

suministra electricidad los días despejados (por lo general con poco viento, debido al dominio del anticiclón), mientras que en los días fríos y ventosos, frecuentemente nublados, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor cantidad de energía eléctrica [3].

El autoconsumo hace referencia a la producción o gestión de la energía eléctrica destinada al propio consumo. Los sistemas de conexión a red permiten verter la energía generada a la red eléctrica del edificio. Gracias a esto se consigue autoconsumir kWh en horario solar.

Durante el día, gran parte de la energía que necesitamos en nuestra vivienda es producida por nuestra instalación fotovoltaica. Durante la noche, la energía que consumimos, la obtenemos de la red de distribución eléctrica.

Solamente pagamos por el exceso de energía durante el día y la que necesitamos por la noche. Por ello, las instalaciones de autoconsumo en determinadas condiciones pueden llegar a ser rentables.

Estas instalaciones han de dimensionarse en función del consumo energético y no de la potencia contratada. Contamos con herramientas que permiten realizar un primer cálculo orientativo de la instalación necesaria. De manera personalizada, en función de la ubicación, características de consumo y tipología de autoconsumo deseada, se puede conocer de forma aproximada la potencia a instalar, superficie necesaria de tejado y ahorros energéticos y económicos anuales estimados [4].

4. ESTUDIO DE PRODUCCIÓN:

La instalación de autoconsumo se va a realizar en el medio rural turolense. Por ello, antes de abordar el propio diseño de la instalación y de realizar las estimaciones económicas del autoconsumo, vamos a realizar una búsqueda y análisis de información sobre cuál es la situación de producción energética a gran escala de la provincia de Teruel, haciendo especial hincapié en las instalaciones de generación renovable.

4.1. Provincia de Teruel.

La potencia instalada de las plantas en la provincia de Teruel con la suma de energías renovables y no renovables es de 2142,945 MW con un total de 222 plantas de generación. Tenemos plantas fotovoltaicas, hidráulicas, eólicas, de biomasa, de ciclo combinado y de carbón.

La potencia instalada asociada a energías renovables que tenemos en la provincia suma un total de 220 plantas y una potencia instalada de 647,905 MW. Los tipos de plantas son fotovoltaicas, hidráulicas, eólicas y de biomasa.

La energía no renovable que tenemos en la provincia son dos plantas con una potencia instalada de 1495.04 MW. Los tipos de plantas que tenemos son de ciclo combinado y carbón (una de ellas ya parada y en fase de desmantelamiento).

Las hojas de cálculo con el detalle del cálculo de la potencia instalada en la provincia de Teruel se adjuntan en el Anexo III.

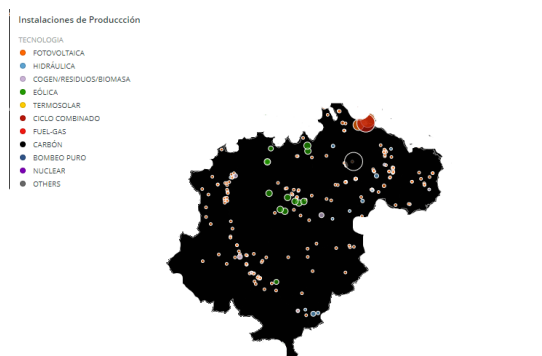


Figura 1. Plantas de generación en la provincia de Teruel [5].

4.1.1. Plantas de energía renovable.

Las diferentes plantas de energía renovable que tenemos en la provincia de Teruel son fotovoltaicas, hidráulicas, eólicas y de biomasa. El número de instalaciones y la cantidad de potencia instalada en las distintas plantas es la siguiente:

- Las plantas fotovoltaicas son las plantas que más abundan dentro de la provincia con un total de 191 y una potencia instalada de 202,578 MW.
- Las plantas hidráulicas que hay en la provincia son 12 plantas con una potencia instalada de 50,69 MW.
- Las plantas eólicas son las plantas que mayor potencia instalada de energía renovable hay en la provincia de Teruel. La potencia instalada total con 11 parques eólicos es de 358,815 MW.
- Las plantas de biomasa que hay en la provincia son 6 y tienen una potencia instalada de 35,822 MW.

4.1.2. Plantas de energía no renovable.

Las diferentes plantas de energía no renovable que tenemos en la provincia de Teruel son de ciclo combinado y carbón. El número de instalaciones y la cantidad de potencia instalada por las distintas plantas son las siguientes:

- Una planta de ciclo combinado, que es la planta que más potencia está generando con una potencia instalada de 790,68 MW.
- Una planta de carbón con una potencia instalada de 704,36 MW. En estos momentos la central térmica de Andorra está en proceso de desmantelamiento, con lo cual esta potencia ya no la debemos de contar. Es muy probable que la potencia que libere esta planta se cubra con generación renovable, fundamentalmente de origen solar fotovoltaico.

5. SITUACIÓN DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LAS DIVERSAS COMARCAS DE TERUEL:

La provincia de Teruel está dividida en comarcas. Las comarcas que tenemos son: Comunidad de Teruel, Jiloca, Matarraña, Bajo Aragón, Bajo Martín, Cuencas Mineras, Andorra-Sierra de Arcos, Maestrazgo y Gudar-Javalambre.

Las hojas de cálculo con el detalle del cálculo de la producción energética por comarcas de Teruel se adjuntan en el Anexo IV.



Figura 2. División de la provincia de Teruel por comarcas [6].

5.1. Comunidad de Teruel.

La comarca de Comunidad de Teruel tiene un total de 40 plantas y una potencia instalada de 177,984 MW. Todas las plantas son de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, eólica y biomasa. Es la comarca con mayor número de instalaciones y mayor potencia instalada de biomasa y la mayor potencia instalada de eólica.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 35 plantas y una potencia instalada de 24,134 MW.
- Eólica: 3 plantas y una potencia instalada de 127,95 MW.
- Biomasa: 2 plantas y una potencia instalada de 25,9 MW

5.2. Sierra de Albarracín.

La comarca de la Sierra de Albarracín tiene un total de 3 plantas y una instalación de 0,12 MW, solo con un tipo de energía renovable del tipo fotovoltaica. Es la comarca con menos potencia instalada de la provincia de Teruel.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 3 plantas y una potencia instalada de 0,12 MW.

5.3. Jiloca.

La comarca del Jiloca tiene un total de 40 plantas y una potencia instalada de 55,141 MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, hidráulica, eólica y biomasa. Es una de las comarcas con más plantas fotovoltaicas.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 36 plantas y una potencia instalada de 4,282 MW.
- Hidráulica: 1 planta y una potencia instalada de 0,09 MW.
- Eólica: 2 plantas y una potencia instalada de 44,205 MW.
- Biomasa: 1 planta y una potencia instalada de 6,564 MW.

5.4. Matarraña.

La comarca del Matarraña tiene un total de 14 plantas y una potencia instalada de 0,515 MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, hidráulica, eólica y biomasa. Es una de las comarcas con menos potencia instalada de energía.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 13 plantas y una potencia instalada de 0,355 MW.
- Biomasa: 1 planta y una potencia instalada de 0,16 MW.

5.5. Bajo Aragón.

La comarca del Bajo Aragón tiene un total de 53 plantas y una potencia instalada de 9,481 MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, hidráulica y biomasa. Es la comarca con más plantas, de todos los tipos y más plantas fotovoltaicas de la provincia.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 49 plantas y una potencia instalada de 3,029 MW.
- Hidráulica: 3 plantas y una potencia instalada de 5,474 MW.
- Biomasa: 1 planta y una potencia instalada de 0,978 MW.

5.6. Bajo Marín.

La comarca del Bajo Marín tiene un total de 13 plantas y una potencia instalada de 958,799 MW con diferentes plantas tanto de energía renovable como de energía no renovable, de los tipos de fotovoltaica, hidráulica y ciclo combinado. Es la comarca con mayor potencia instalada de energía eléctrica de toda la provincia de Teruel teniendo también la mayor potencia instalada de energía fotovoltaica. Es la mayor potencia instalada gracias a energía no renovable obtenida a través de una planta de ciclo combinado.

Renovable:

- Fovovoltaicas: 36 plantas y una potencia instalada de 166,979 MW.
- Hidráulica: 1 planta y una potencia instalada de 1,14 MW.

No renovable:

- Ciclo combinado: 1 planta y una potencia instalada de 790,68 MW.

5.7. Cuencas Mineras.

La comarca de las Cuencas Mineras tiene un total de 24 plantas y una potencia instalada de 148,339 MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, hidráulica y eólica. Es comarca con mayor potencia instalada hidráulica.

Renovable:

- Fotovoltaicas: 19 plantas y una potencia instalada de 1,659 MW.
- Hidráulica: 1 planta y una potencia instalada de 24,92 MW.
- Eólica: 4 plantas y una potencia instalada de 358,815MW.

5.8. Andorra-Sierra de Arcos.

La comarca de Andorra-Sierra de Arcos tiene un total de 12 plantas y una potencia instalada de 745,287 MW con diferentes plantas tanto de energía renovable como de energía no renovable, de los tipos de fotovoltaica, eólica y carbón.

Renovable:

- Fotovoltaicas: 10 plantas y una potencia instalada de 1,027 MW.
- Eólica: 1 planta y una potencia instalada de 39,9 MW.

No renovable

- Carbón: 1 planta y una potencia instalada de 704,36 MW (en proceso de desmantelamiento actualmente).

5.9. Maestrazgo.

La comarca del Maestrazgo tiene un total de 11 plantas y una potencia instalada de 3,929 MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica e hidráulica.

Renovable:

- Fotovoltaicas: 8 plantas y una potencia instalada de 0,619 MW.
- Hidráulica: 3 plantas y una potencia instalada de 3,31 MW.

5.10. Gudar-Javalambre.

La comarca de Gudar-Javalambre tiene un total de 12 plantas y una potencia instalada de 43,35MW con diferentes plantas todas ellas de energía renovable de los tipos de fotovoltaica, hidráulica, eólica y biomasa.

Renovable:

- Fotovoltaicas: 7 plantas y una potencia instalada de 0,374 MW.
- Hidráulica: 3 plantas y una potencia instalada de 15,756 MW.
- Eólica: 1 planta y una potencia instalada de 25 MW.
- Biomasa: 1 planta y una potencia instalada de 2,22 MW.

A continuación, vamos a mostrar gráficamente cómo es la potencia instalada en la provincia de Teruel. En primer lugar, vamos a mostrar la potencia instalada en la provincia, tanto energía renovable como energía no renovable (Figura 3). Seguido veremos la potencia instalada solo de energías renovables (Figura 4).

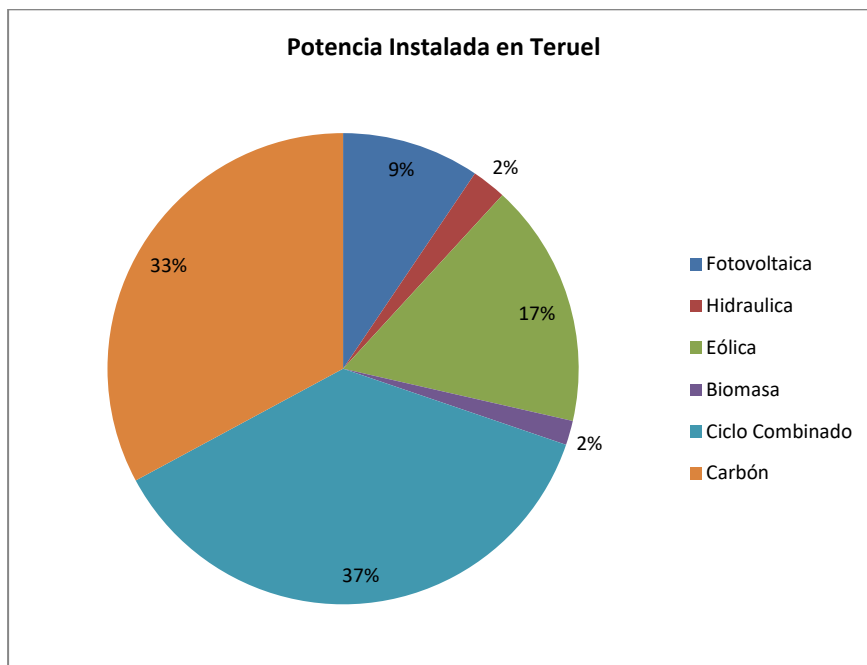


Figura 3. Potencia total instalada en Teruel (renovable y no renovable).

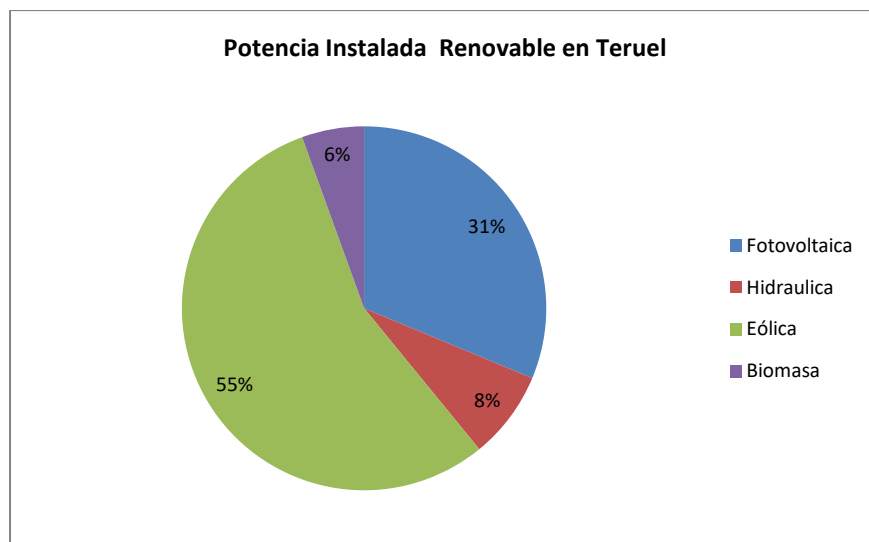


Figura 4. Potencia asociada a energías renovables instalada en Teruel

Ahora vamos a mostrar gráficamente como es la potencia instalada de energía en la provincia de Teruel distribuida por las diferentes comarcas. En primer lugar vamos a mostrar la potencia instalada total en la provincia por comarcas, tanto energía renovable como energía no renovable (Figura 5). Seguido veremos la potencia instalada solo de energías renovables por comarcas en la provincia de Teruel (Figura 6).

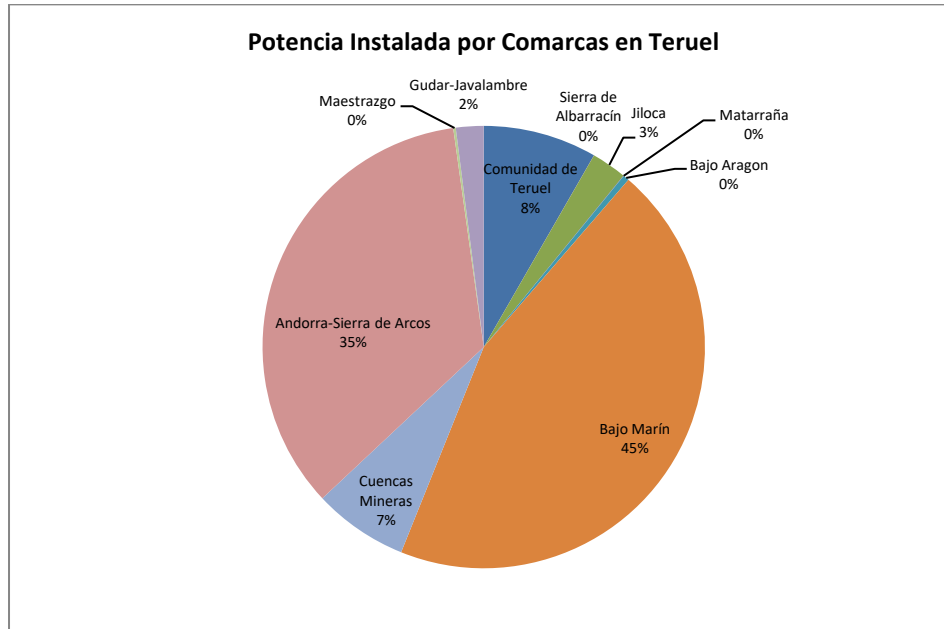


Figura 5. Potencia instalada por comarcas en Teruel.

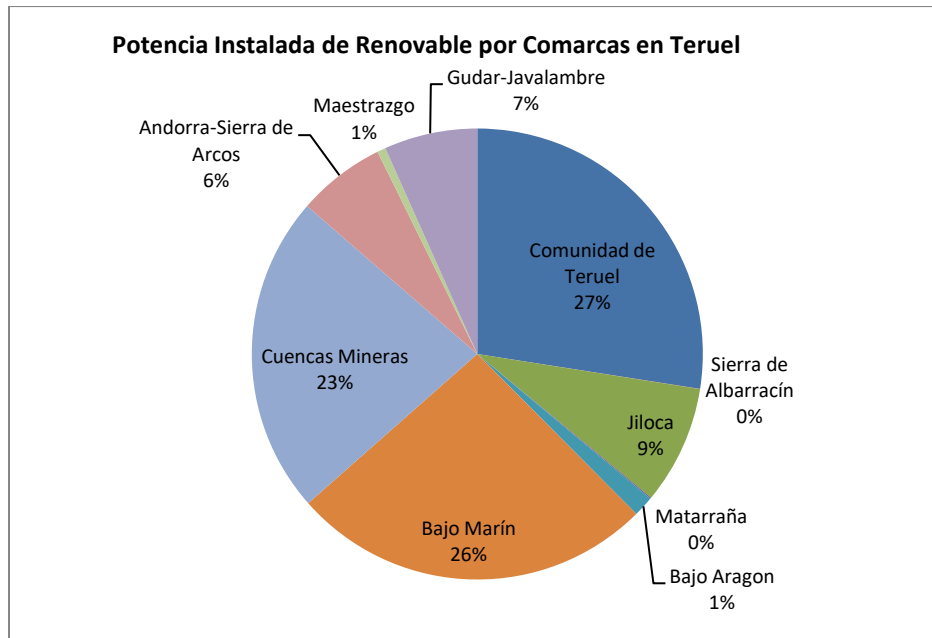


Figura 6. Energía renovable por comarcas en Teruel.

6. AUTOCONSUMO:

El autoconsumo eléctrico es la producción y consumo de energía eléctrica propia. Sirve para impulsar las renovables, tener un ahorro en la factura eléctrica y una menor dependencia de las eléctricas. Las nuevas normativas de autoconsumo facilitan los trámites respecto a la normativa anterior y reconocen el autoconsumo sin peajes ni cargos. Estas nuevas normativas vienen reguladas por el real decreto aprobado el 5 de Abril de 2019 y es el RD 224/2019 [1].

Las tramitaciones del autoconsumo se adjuntan en el Anexo I.

6.1. Aspectos técnicos.

El autoconsumo se compone de la propia instalación de producción de energía. Lo más habitual en estos casos son las instalaciones fotovoltaicas ya que casi todas las instalaciones de autoconsumo son de este tipo.

Las instalaciones de autoconsumo se pueden clasificar en función de si están aisladas de la red o no:

- Instalaciones aisladas: no hay ningún tipo de conexión eléctrica con la red tradicional.
- Instalaciones conectadas: La instalación de autoconsumo se conecta directamente a la instalación eléctrica. La energía que se utiliza vendrá directamente de la instalación de autoconsumo pero si en algún momento necesitamos más energía seguiremos utilizando la red.

El autoconsumo también puede ser individual o colectivo:

- En el autoconsumo individual solo hay un consumidor asociado a la instalación.
- En el autoconsumo colectivo hay varios consumidores asociados a la instalación.

Dentro del autoconsumo tenemos dos modalidades y dentro de la segunda modalidad de autoconsumo tenemos otras dos sub-modalidades. Las dos modalidades son:

- Autoconsumo sin excedente.
- Autoconsumo con excedentes.

Dentro de autoconsumo con excedentes tenemos dos sub-modalidades:

- Autoconsumo con excedentes acogido a compensación.
- Autoconsumo con excedentes no acogido a compensación.

Vamos a ver en qué consiste cada una de ellas:

- Autoconsumo sin excedentes: existe un mecanismo anti vertido que impide la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o de distribución.
- Autoconsumo con excedentes acogido a compensación: para poderse acogerse a esta modalidad debemos cumplir varios requisitos: que la fuente sea de energía renovable, que la potencia de la instalación no supere los 100 kW porque, de lo contrario, ya no es autoconsumo sino que seremos productores de energía y deberíamos hacer los trámites fiscales y administrativos pertinentes porque estamos realizando una actividad económica. Debemos firmar el contrato de compensación de excedentes de autoconsumo. Los consumidores podrán compensar la energía que toman de la red cuando su instalación de autoconsumo no les suministra suficiente energía, con aquella que les sobra en determinados momentos y que vierten a la red. El mecanismo de compensación puede ser de mercado libre o de precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC).

- Autoconsumo con excedentes no acogido a compensación: estas instalaciones son todas aquellas que no cumplan los requisitos de una instalación de autoconsumo con excedentes acogida a compensación o que deseen estar en esta modalidad aun pudiendo estar en la otra [7].

6.2. Aspectos de viabilidad económica.

En el autoconsumo debemos de realizar un estudio de viabilidad que analice nuestras posibilidades de autoconsumo. El presupuesto de lo que nos podría costar la instalación y cuánto nos podríamos ahorrar en nuestro caso concreto. Para saber el ahorro que vamos a tener debemos conocer los costes.

Dependiendo de la instalación tendrá una amortización mayor o menor, que estará alrededor de los seis a los diez años. También dependerá del uso de la energía. Tras la amortización de nuestra instalación, el ahorro de la factura será mayor.

También existen líneas de ayuda y beneficios fiscales que ayudan a amortizar aun más rápido la instalación y sistemas de financiación que eviten tener que hacer un gran gasto para la inversión inicial.

6.3. Aspectos administrativos.

La tramitación administrativa de las instalaciones de autoconsumo puede requerir trámites a nivel estatal, autonómico y local, además de trámites con la empresa distribuidora. El Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, ha establecido las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo y resulta de aplicación a cualquier modalidad de autoconsumo de energía eléctrica.

La Guía de Tramitación del Autoconsumo divide las instalaciones en dos grandes grupos, según sean SIN excedentes o CON excedentes [8].

Para cada grupo se podrá encontrar una descripción de los 17 pasos que deben darse para cumplir con todos los trámites con las administraciones y con las compañías distribuidoras y/o comercializadoras, y el detalle de los casos en los que las instalaciones quedarán exentas de esos trámites concretos [8].

7. INSTALACIÓN A DISEÑAR:

7.1. Tipo de instalación.

En este TFG vamos a diseñar una instalación de autoconsumo conectada a la red y ubicada en la Comarca de la Sierra de Albarracín, una de las que menos instalaciones de generación tienen. En concreto, se ubicará en el municipio de Royuela.

Para que este TFG suponga un reto mayor, vamos a diseñar una instalación en una vivienda unifamiliar de varios miembros y que utilice la energía eléctrica como única fuente de suministro tanto para el consumo habitual de la vivienda, como para el agua caliente, la calefacción y la movilidad a través de un vehículo eléctrico.

El diseño de la instalación con el detalle eléctrico se adjunta en el Anexo VIII.

7.2. Cargas de la instalación.

Para diseñar las líneas eléctricas que suministran energía a los consumidores es necesario conocer la potencia demandada por el usuario. Estas previsiones de potencia se regulan por la ITC-BT-10 del REBT.

Las previsiones de carga establecidas son los valores teóricos mínimos a considerar. Por lo tanto, en caso de conocer la demanda real de los usuarios, es necesario utilizar estos valores cuando sean superiores a los mínimos teóricos.

Tenemos distintas categorías dependiendo de los lugares de consumo: pueden ser viviendas, locales comerciales, oficinas, industrias, etc.

La ITC-BT-10 identifica para viviendas dos grados de electrificación:

- La **electrificación básica** es la necesaria para la cobertura de las necesidades de utilización primarias, debe de permitir la utilización de los aparatos eléctricos de uso común de una vivienda.
- La **electrificación elevada** es la correspondiente a viviendas con una previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica o con una previsión de utilización de sistemas de calefacción o de aire acondicionado o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m² o cualquier combinación anterior.

La ITC-BT-10 identifica también las cargas totales:

- La carga total de un edificio destinado a viviendas es la suma de la carga de la propia vivienda, la carga de los servicios generales del edificio y de los garajes del edificio.
- La carga total de edificios comerciales, de oficinas o de industria deberá ser tal que la demanda no podrá ser inferior a 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1 en el caso de locales comerciales u oficinas; e inferior a 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1, en industria.
- La carga total prevista será la que hay que considerar en el cálculo de los conductores de las acometidas y en el cálculo de las instalaciones.

Para nuestro caso será de la categoría de vivienda y del grado de electrificación elevada dado que tenemos una calefacción eléctrica y una recarga de vehículos eléctricos [9].

7.3. Circuitos de la instalación.

Los circuitos de una instalación son los encargados de alimentar todos los receptores de la vivienda. Una vivienda puede y debe tener diferentes circuitos independientes.

La ITC que regula los circuitos interiores es la ITC-BT-19. Además existen otras ITCs que regulan las viviendas como pueden ser la ITC-BT-20, que explica cómo van distribuidos los cables por la vivienda, la ITC-BT-21, que explica los tubos y canales protectoras, la ITC-BT-25, que dice el número de circuitos y las características de estos en la vivienda, la ITC-BT-26, que explica las puestas a tierra en el interior de la vivienda, la ITC-BT-27, que dice como tenemos que hacer la instalación interior en el baño, la ITC-BT-29, que explica cómo hacer los garajes de la vivienda, la ITC-BT-46, que explica cómo poner la calefacción de la vivienda, y la ITC-BT-52, que explica cómo tiene que ser la instalación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos.

Siguiendo estas ITCs, en nuestro caso concreto, tendremos un total de ocho circuitos:

- El circuito número uno es el circuito de iluminación. Está regulado por la ITC-BT-25 que explica que las tomas de iluminación deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 10 A, con un máximo de 30 puntos de luz. La sección del cable debe ser de $1,5 \text{ mm}^2$ y el tubo por donde discurren los cables tiene que tener un diámetro de 16 mm [10].
- El circuito número dos es el circuito de tomas de uso general. Está regulado por la ITC-BT-25 que explica que las tomas de uso general deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 16 A, con un máximo de 20 tomas de uso general (Base 16 A 2p+T). La sección de los cables debe ser de $2,5 \text{ mm}^2$ y el tubo que los contiene tiene que tener un diámetro de 20 mm.
- El circuito número tres es el circuito de cocina y horno. Está regulado por la ITC-BT-25 que explica que las tomas de cocina y horno deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 25 A, con un máximo de 2 tomas de uso general (Base 25A 2p+T). La sección del cable es de 6 mm^2 y el tubo que los contiene tiene que tener un diámetro de 25 mm.
- El circuito número cuatro es el circuito de tomas de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico y está regulado por la ITC-BT-25. En ella se explica que las tomas de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 20 A, con un máximo de 3 tomas de uso general (Base 16A 2p+T), la sección del cable debe ser de 4 mm^2 hasta la caja de derivación, a partir de la cual podemos poner cada toma con sección de $2,5 \text{ mm}^2$ y el tubo tiene que tener un diámetro de 20 mm.
- El circuito número cinco es el circuito de tomas de cuarto de baño y cuarto de cocina y está regulado por la ITC-BT-27. En ella se explica que las tomas de cuarto de baño y cuarto de cocina deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 16 A, con un máximo de 6 tomas de uso general (Base 16 A 2p+T). La sección de los cables debe ser de $2,5 \text{ mm}^2$ y el tubo tiene que tener un diámetro de 20 mm [11].
- Los circuitos número seis y siete son los de tomas calefacción eléctrica y están regulados por la ITC-BT-46 que explica que las tomas de calefacción eléctrica deben llevar tres cables (fase, neutro y tierra), tienen que tener un interruptor automático de 25 A, la sección del cable debe ser de 6 mm^2 y el tubo que los contiene tiene que tener un diámetro de 25 mm. Es obligatoria una protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) para cada circuito de calefacción [12].

- El circuito número ocho es el circuito de tomas de recarga de vehículo eléctrico y está regulado por la ITC-BT-52. En ella se explica que tiene que tener un interruptor automático de 40 A, la sección de los cables debe ser de $2,5 \text{ mm}^2$ y el tubo que los contiene tiene que tener un diámetro de 20 mm. Es obligatoria una protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) para cada circuito de recarga de vehículos eléctricos [13].

8. POTENCIA DE LA INSTALACIÓN:

La potencia de la instalación es la previsión de la potencia que, a nivel de propietario o usuario del edificio, fijará la potencia a prever. Para nuevas construcciones, no será inferior a 5750 W a 230 V, en cada vivienda. En las viviendas con grado de electrificación elevada, la potencia a prever no será inferior a 9200 W. En todos los casos, la potencia a prever se corresponderá con la capacidad máxima de la instalación, definida ésta por la intensidad asignada del interruptor general automático, según se indica en la ITC-BT-25.

Las empresas distribuidoras estarán obligadas, siempre que lo solicite el cliente, a efectuar el suministro de forma que permita el funcionamiento de cualquier receptor monofásico de potencia menor o igual a 5750 W a 230 V, hasta un suministro de potencia máxima de 14490 W a 230 V.

Para calcular la potencia de cada circuito teóricamente, lo hacemos con la intensidad del interruptor automático multiplicado por la tensión de línea. Los calibres de los interruptores automáticos a utilizar serán los indicados en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT ya que cumplimos con el máximo número de puntos de utilización del circuito:

- El primer circuito de iluminación tiene un interruptor automático de 10 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 2300 W.
- El segundo circuito de tomas de corriente general tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.
- El tercer circuito de tomas de la cocina y horno tiene un interruptor automático de 25 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 5750 W.
- El cuarto circuito de lavadora tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.
- El quinto circuito de lavavajillas tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.
- El sexto circuito de termo eléctrico tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.
- El séptimo circuito de cuartos de baño y cuarto de cocina (tomas húmedas) tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.
- El octavo y noveno circuitos de la calefacción eléctrica tienen un interruptor automático de 25 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 5750 W cada uno de los circuitos.
- El decimo circuito de la carga de vehículo eléctrico tiene un interruptor automático de 16 A y una tensión de 230 V por lo que tendremos una potencia de 3680 W.

En nuestro caso la previsión de potencia total no será inferior a 14490 W ya que tenemos una electrificación elevada por la calefacción eléctrica y la recarga de vehículos eléctricos.

Los circuitos de protección se ejecutarán según lo dispuesto en la ITC-BT-17 y constarán como mínimo de:

- Un interruptor general automático de corte unipolar con accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- El calibre del interruptor general de automático que debemos instalar por la potencia será de 63 A (correspondiente a una previsión de potencia de electrificación elevada de 14490 W).

- Uno o varios interruptores diferenciales que garanticen la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima de 30mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general. Debemos instalar un interruptor diferencial adicional porque el número total de circuitos es superior a 5 [14]. Además, el circuito de recarga de vehículos eléctricos y los de la calefacción llevarán su propio diferencial.

9. PREVISIÓN DE POTENCIA EN LAS CARGAS:

9.1 Cuadro principal (CMP).

Este cuadro estará situado a la salida de la derivación individual y a él estarán conectados todos los circuitos de la vivienda.

9.1.1.Potencia: circuito iluminación.

Del cuadro principal estimamos que colgarán 26 luminarias de 200 W cada una (potencia máxima). Los factores a aplicar son tomados según la ITC-BT-25: factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito de iluminación:

$$P_{C.Illuminación} = P_{Iluminación} * n^{\circ} Tomas * F_s * F_u = 200 * 26 * 0.75 * 0.5 = 1950 W \quad (1)$$

Dónde:

$P_{Iluminación}$ → Potencia de cada toma.

n° Tomas → Número de tomas de iluminación que se incluyen en el cuadro.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 2300 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.2.Potencia: circuito tomas de uso general.

El cuadro principal contiene 13 tomas de uso general de 16 A de 3450 W cada una. Los factores a aplicar son tomados según la ITC-BT-25: factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito de tomas de uso general:

$$P_{C.Tomas} = P_{Tomas} * n^{\circ} tomas * F_s * F_u = 3450 * 13 * 0.2 * 0.25 = 2242.5 W$$

Dónde:

P_{Tomas} → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.3.Potencia: circuito cocina y horno.

El cuadro principal contiene 2 tomas de uso cocina y horno de 25 A de 5400 W cada una. Los factores a aplicar según la ITC-BT-25 son factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito cocina y horno:

$$P_{C.Cocina} = P_{Cocina} * n^{\circ} tomas * F_s * F_u = 5400 * 2 * 0.5 * 0.75 = 4050 W \quad (2)$$

Dónde:

P_{Cocina} → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 5750 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.4.Potencia: circuito lavadora.

El cuadro principal contiene 1 tomas de uso lavadora de 16 A de 3450 W cada una. Los factores a aplicar son tomados según la ITC-BT-25: factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito lavadora:

$$P_{C.Lavadora} = P_{Lavadora} * n^{\circ} \text{ tomas} * F_s * F_u = 3450 * 1 * 0.66 * 0.75 = 1707.75 \text{ W} \quad (3)$$

Dónde:

$P_{Lavadora}$ → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.5.Potencia: circuito lavavajillas.

El cuadro principal contiene 1 tomas de uso lavavajillas de 16 A de 3450 W cada una según la ITC-25 de REBT. Los factores a aplicar son tomados según la ITC-BT-25 factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito lavadora:

$$P_{C.Lavavajillas} = P_{Lavavajillas} * n^{\circ} \text{ tomas} * F_s * F_u = 3450 * 1 * 0.66 * 0.75 = 1707.75 \text{ W} \quad (4)$$

Dónde:

$P_{Lavavajillas}$ → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.6.Potencia: circuito termo eléctrico.

El cuadro principal contiene una toma de uso de termo eléctrico de 16 A de 3450 W según la ITC-25 de REBT. Los factores a aplicar son tomados según la ITC-BT-25: factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito termo eléctrico:

$$P_{C.Termo} = P_{Termo} * n^{\circ} \text{ tomas} * F_s * F_u = 3450 * 1 * 0.66 * 0.75 = 1707.75 \text{ W} \quad (5)$$

Dónde:

P_{Termo} → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.7.Potencia: circuito tomas húmedas.

El cuadro principal contiene 4 tomas de uso húmedo de 16 A de 3450 W cada una según la ITC-25 de REBT.. Los factores a aplicar tomados según la ITC-BT-25 son factor de simultaneidad (F_s) y factor de utilización (F_u). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito tomas húmedas:

$$P_{C.Humedo} = P_{Humeda} * n^{\circ} tomas * F_s * F_u = 3450 * 4 * 0.4 * 0.5 = 2760 W \quad (6)$$

Dónde:

P_{Humedo} → Potencia de cada toma.

n° tomas → Número de tomas.

F_s → Factor de simultaneidad.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.8.Potencia: circuito calefacción1.

El cuadro principal contiene un circuito de calefacción de 5475 W según las potencias de la calefacción de mi instalación. La cual se supone que funciona a pleno rendimiento por lo que el consumo de potencia es el máximo ($F_u = 1$). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito calefacción1:

$$P_{C.Calefacción1} = P_{Calefacción} * F_u = 5475 * 1 = 5475 W \quad (7)$$

Dónde:

$P_{Calefacción}$ → Potencia Total.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está por debajo de los 5750 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.9.Potencia: circuito calefacción2.

El cuadro principal contiene un circuito de calefacción de 5475 W según las potencias de la calefacción de mi instalación. La cual se supone que funciona a pleno rendimiento por lo que el consumo de potencia es el máximo ($F_u = 1$). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito calefacción2:

$$P_{C.Calefacción2} = P_{Calefacción} * F_u = 5475 * 1 = 5475 W \quad (8)$$

Dónde:

$P_{Calefacción}$ → Potencia Total.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está acorde con los 5750 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.1.10. Potencia: circuito recarga de vehículo eléctrico.

El cuadro principal contiene un circuito de recarga de vehículos eléctricos en monofásica de 3680 W. La cual se supone que funciona a pleno rendimiento por lo que el consumo de potencia es el máximo ($F_u = 1$). Por tanto, se procede al cálculo de la potencia del circuito recarga de vehículos eléctricos:

$$P_{C.Recarga} = P_{Recarga} * F_u = 3680 * 1 = 3680 W \quad (9)$$

Dónde:

$P_{Recarga}$ → Potencia Total.

F_u → Factor de utilización.

Vemos que este valor está acorde con los 3680 W estimados a partir del calibre del interruptor automático.

9.2. Potencia total del cuadro principal.

La potencia total del cuadro principal vendrá dada por el tipo de electrificación elegido para la vivienda: electrificación elevada de 14490 W.

10. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES:

10.1. Derivación individual.

La derivación individual se realizará en canal empotrada en la pared con una temperatura ambiente estimada de 40°C. La longitud de ésta a la CPM es de 10 m. El tipo de cable requerido para este método de instalación según el apartado 3 de la GUÍA-BT-15 es el RZ1-K (AS) y unipolar. Siguiendo la Norma Técnica Particular de Endesa [15], en el apartado 3.7.3 correspondiente a la DI, entre las opciones del cable, debe ser flexible, por lo que el cable seleccionado cumple con la normativa. Una vez elegido el cable, ya se procede al cálculo de la sección de la derivación individual por calentamiento y por caída de tensión.

10.1.1. Sección por calentamiento.

Se calcula la I_b para comprobar si $I_b < I_z$.

$$I_b = \frac{P_{DI}}{V_{fase-neutro} * \cos \varphi} = \frac{14490}{230 * 1} = 63 \text{ A} \quad (11)$$

Dónde:

P_{DI} → Potencia de la derivación individual, potencia del cuadro principal.

$V_{fase-fase}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia.

10.1.2. Sección por caída de tensión.

La resistividad se elige en función del cable, en este caso, el RZ1-K (AS) que posee un aislamiento termoestable 90°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad $\rho=0,023 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. La caída de tensión máxima admisible según el apartado 3 de la GUÍA-BT-15 debe ser de 1.5% en suministros para un único usuario en la que no exista línea general de alimentación. Por tanto, se procede a calcular la sección por caída de tensión.

$$S = \frac{2 * \rho * P_{DI} * L}{\delta * V} = \frac{2 * 0.023 * 14490 * 10}{(0.015 * 230) * 230} = 8,4 \text{ mm}^2 \rightarrow S_N = 10 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

P_{DI} → Potencia total en la derivación individual.

L → Longitud de la derivación individual.

δ → Caída de tensión máxima admisible según el apartado 3 de la GUÍA-BT-15.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 52 obtenido de la Tabla A.52.3 [16]. A continuación, la referencia de la instalación es la B1, por lo que recurrimos a la Tabla B.52.1 del Anexo B. Para ello, se debe conocer el cable que se va a usar en esta instalación: es de aislamiento termoestable (XLPE) y de tres conductores por ser trifásica. Se procede a mirar la Tabla B.52.5. Para una sección nominal de 10 mm² y método B1, $I_z = 66 \text{ A}$. Esta tabla está estimada para una temperatura ambiente de 30°, por lo que el factor de corrección de temperatura ambiente para 40°C y XLPE es de 0.91, según Tabla B.52.14 [16]. El factor de agrupamiento según la Tabla B.52.17 es de 1 [16]. Finalmente, tras aplicar estos factores, se obtiene el valor de I_z .

$$I_z = F_{temperatura} * F_{agrupamiento} * I_{z\text{tabla}} = 0,91 * 1 * 66 = 60,06 \text{ A} \quad (13)$$

$I_b < I_z$, no se cumple que $63 \text{ A} < 60,06 \text{ A}$. Por tanto, se debe dimensionar el conductor para una sección nominal de 16 mm^2 , y realizar el mismo procedimiento siguiendo las tablas y comprobar si en este caso se cumple la ecuación anterior.

$$I_z = F_{\text{temperatura}} * F_{\text{agrupamiento}} * I_{z\text{tabla}} = 0,91 * 1 * 88 = 80,08 \text{ A} \quad (14)$$

$I_b < I_z$, se cumple que $63 \text{ A} < 80,08 \text{ A}$, pero el fusible tiene una intensidad nominal de 63 A . Según el apartado 1.1 de la GUÍA-BT-22, la protección de sobrecargas para interruptores viene marcada por la UNE-EN 60898. La intensidad efectiva asegurada en funcionamiento en el tiempo convencional del dispositivo de protección (I_2) se calcula como 1.6 veces el calibre del fusible:

$$I_2 = 1.6 I_n = 1.6 * 63 = 100,8 \text{ A} \quad (15)$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z \rightarrow 100,8 \leq 1.45 * 80,06 \rightarrow 100,8 \text{ A} \leq 116,11 \text{ A} \quad (16)$$

La sección nominal de la derivación individual es de 16 mm^2 .

10.2. Cuadro principal (CMP).

10.2.1. Circuito iluminación.

El circuito iluminación está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 20 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40° . Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento.

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.\text{Iluminación}}}{V_{\text{fase-Neutro}} * \cos \varphi} = \frac{1950}{230 * 1} = 8,47 \text{ A} \quad (17)$$

Dónde:

$P_{C.\text{Iluminación}}$ → Potencia del circuito de iluminación.

$V_{\text{fase-neutro}}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito iluminación.

- Caída de tensión máxima admisible.

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70° . Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad $\rho=0.021 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de $1,5 \text{ mm}^2$.

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.\text{Iluminación}} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 1950 * 20}{1.5 * 230^2} * 100 = 2.06 \% \quad (18)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.\text{Iluminación}}$ → Potencia del circuito de iluminación.

L → Longitud de las tomas de iluminación al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

$V \rightarrow$ Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.2. Circuito tomas de uso general.

El circuito tomas de uso general está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 20 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento.

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Tomas}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{2242,5}{230 * 1} = 9,75 A \quad (19)$$

Dónde:

$P_{C.Tomas} \rightarrow$ Potencia del circuito de tomas de uso general.

$V_{fase-neutro} \rightarrow$ Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi \rightarrow$ Factor de potencia del circuito tomas de uso general.

- Caída de tensión máxima admisible.

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 2,5 mm².

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Tomas} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 2242,5 * 20}{2,5 * 230^2} * 100 = 2.57 \% \quad (20)$$

Dónde:

$\rho \rightarrow$ Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Tomas} \rightarrow$ Potencia del circuito de tomas de uso general.

$L \rightarrow$ Longitud de las tomas de uso general al cuadro principal.

$S_N \rightarrow$ Sección nominal tomada de REBT.

$V \rightarrow$ Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.3. Circuito cocina y horno.

El circuito cocina y horno está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 10 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Cocina}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{4050}{230 * 1} = 17,6 A \quad (21)$$

Dónde:

$P_{C.Cocina}$ → Potencia del circuito de cocina y horno.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito cocina y horno.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 6 mm^2 .

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Cocina} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 4050 * 20}{6 * 230^2} * 100 = 0,53 \% \quad (22)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Cocina}$ → Potencia del circuito de cocina y horno.

L → Longitud de la cocina y horno al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.4. Circuito lavadora.

El circuito lavadora está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 15 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Lavadora}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{1707,75}{230 * 1} = 7,42 A \quad (23)$$

Dónde:

$P_{C.Lavadora}$ → Potencia del circuito de lavadora.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito lavadora.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 4 mm^2 .

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Lavadora} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 1707,75 * 15}{4 * 230^2} * 100 = 0,5 \% \quad (24)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Lavadora}$ → Potencia del circuito de lavadora.

L → Longitud de la lavadora al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.5. Circuito lavavajillas.

El circuito lavavajillas está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 15 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Lavavajillas}}{V_{\text{fase-Neutro}} * \cos \varphi} = \frac{1707,75}{230 * 1} = 7,42 \text{ A} \quad (25)$$

Dónde:

$P_{C.Lavavajillas}$ → Potencia del circuito de lavavajillas.

$V_{\text{fase-neutro}}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito lavavajillas.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 4 mm^2 .

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Lavavajillas} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 1707,75 * 15}{4 * 230^2} * 100 = 0,5 \% \quad (26)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Lavavajillas}$ → Potencia del circuito de lavavajillas.

L → Longitud del lavavajillas al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.6. Circuito termo eléctrico.

El circuito termo eléctrico está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 15 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Termo}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{1707,75}{230 * 1} = 7,42 A \quad (27)$$

Dónde:

$P_{C.Termo}$ → Potencia del circuito de termo eléctrico.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito termo eléctrico.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 4 mm².

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Termo} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 1707,75 * 15}{4 * 230^2} * 100 = 0,5 \% \quad (28)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Termo}$ → Potencia del circuito de termo eléctrico.

L → Longitud del termo eléctrico al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.7. Circuito tomas húmedas.

El circuito tomas húmedas está situado en el cuadro principal en el grupo 1 y a una distancia de 20 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS).

La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Humedas}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{2760}{230 * 1} = 12 A \quad (29)$$

Dónde:

$P_{C.Humedas}$ → Potencia del circuito de tomas húmedas.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito tomas húmedas.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de $2,5 \text{ mm}^2$.

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Humedas} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 2760 * 20}{2.5 * 230^2} * 100 = 1,75 \% \quad (30)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Humedas}$ → Potencia del circuito de tomas húmedas.

L → Longitud de las tomas húmedas al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.8. Circuito calefacción1.

El circuito calefacción1 está situado en el cuadro principal y a una distancia de 10 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Calefacción1}}{V_{fase-Neutro} * \cos \varphi} = \frac{2760}{230 * 1} = 23,8 A \quad (31)$$

Dónde:

$P_{C.Calefacción1}$ → Potencia del circuito de calefacción1.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito calefacción1.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 6 mm^2 .

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Calefacción1} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 5475 * 10}{6 * 230^2} * 100 = 0,72 \% \quad (32)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Calefacción1}$ → Potencia del circuito de calefacción1.

L → Longitud de la calefacción al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.9. Circuito calefacción2.

El circuito calefacción2 está situado en el cuadro principal y a una distancia de 10 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Calefacción2}}{V_{\text{fase-Neutro}} * \cos \varphi} = \frac{2760}{230 * 1} = 23,8 \text{ A} \quad (33)$$

Dónde:

$P_{C.Calefacción2}$ → Potencia del circuito de calefacción2.

$V_{\text{fase-neutro}}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito calefacción2.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 6 mm^2 .

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Calefacción2} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 5475 * 20}{6 * 230^2} * 100 = 1,44 \% \quad (34)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Calefacción2}$ → Potencia del circuito de calefacción2.

L → Longitud de la calefacción al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.2.10. Circuito recarga de vehículos eléctricos.

El circuito recarga de vehículos eléctricos está situado en el cuadro principal y a una distancia de 25 m de este. La instalación se realizará en tubo empotrado en mampostería debido a que forma parte de la instalación interior y con una temperatura ambiente estimada de 40°. Según el Anexo A de la normativa UNE-HD 60364-5-52 el método de instalación requerido es el elemento nº 51 obtenido de la Tabla A.52.3 [16], por lo que la referencia de la instalación es B1. El tipo de cable elegido es el H07Z1-K (AS). La sección de neutro y protección será igual que la fase. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la corriente por calentamiento y a comprobar la caída de tensión máxima admisible.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para posteriormente comprobar la sección normalizada con REBT.

$$I_b = \frac{P_{C.Recarga}}{V_{fase-neutro} * \cos \varphi} = \frac{3680}{230 * 1} = 16 A \quad (35)$$

Dónde:

$P_{C.Recarga}$ → Potencia del circuito de recarga de vehículos eléctricos.

$V_{fase-neutro}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia del circuito de recarga de vehículos eléctricos.

- Caída de tensión máxima admisible

Para elegir la resistividad del cable se debe tener en cuenta de que el cable H07Z1-K (AS) posee un aislamiento termoplástico 70°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad es $\rho=0.021 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Por tanto, se procede a comprobar la caída de tensión máxima admisible tomando la sección indicada en la Tabla 1 de la ITC-25 del REBT, que es de 2,5 mm².

$$\delta = \frac{2 * \rho * P_{C.Recarga} * L}{S_N * V^2} * 100 = \frac{2 * 0.021 * 11000 * 25}{2,5 * 230^2} * 100 = 2,92 \% \quad (36)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{C.Recarga}$ → Potencia del circuito de recarga de vehículos eléctricos.

L → Longitud de la recarga de vehículos al cuadro principal.

S_N → Sección nominal tomada de REBT.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La caída de tensión admisible por la ITC-19 del REBT [17] para viviendas es 3%, por tanto, se podría asegurar que el cálculo está bien realizado.

10.3. Fotovoltaica.

La instalación fotovoltaica está situada en el cuadro principal y a una distancia de 30 m de este. La instalación se realizará en canal empotrada en la pared con una temperatura ambiente estimada de 40°C. La longitud de esta a la CPM es de 30 m. El tipo de cable requerido para este método de instalación según el apartado 3 de la GUÍA-BT-15 es el RZ1-K (AS) y unipolar. Una vez elegido el cable ya se procede al cálculo de la sección de la instalación fotovoltaica por calentamiento y por caída de tensión.

- Sección por calentamiento

Se calcula la I_b para comprobar si $I_b < I_z$.

$$I_b = \frac{P_{\text{Fotovoltaica}}}{V_{\text{fase-neutro}} * \cos \varphi} = \frac{9900}{230 * 1} = 43,04 \text{ A} \quad (37)$$

Dónde:

$P_{\text{Fotovoltaica}}$ → Potencia de la generación fotovoltaica.

$V_{\text{fase-neutro}}$ → Tensión entre fase y neutro.

$\cos \varphi$ → Factor de potencia.

- Sección por caída de tensión

La resistividad se elige en función del cable, en este caso, el RZ1-K (AS) que posee un aislamiento termoestable 90°. Según el apartado 2 del Anexo II del REBT, para este tipo de aislamiento la resistividad $\rho=0,023 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. La caída de tensión máxima entre la generación y el punto de interconexión de Red de Distribución Pública o la instalación interior, admisible según el apartado 5 de la GUÍA-BT-40 [18] no debe ser superior a 1,5%. Por tanto, se procede a calcular la sección por caída de tensión.

$$S = \frac{2 * \rho * P_{DI} * L}{\delta * V} = \frac{2 * 0,023 * 9900 * 30}{(0,015 * 230) * 230} = 17,21 \text{ mm}^2 \rightarrow S_N = 25 \text{ mm}^2 \quad (38)$$

Dónde:

ρ → Resistividad del cobre según el Anexo II del REBT.

$P_{\text{Fotovoltaica}}$ → Potencia de la generación fotovoltaica.

L → Longitud desde la generación hasta el cuadro principal.

δ → Caída de tensión máxima admisible según el apartado 5 de la GUÍA-BT-40.

V → Caída de tensión entre fase y neutro.

La sección nominal de la fotovoltaica es de 25 mm^2 .

11. PROTECCIONES Y CANALIZACIONES:

En este apartado se desglosan los cálculos de las protecciones asociadas a cada línea de la instalación eléctrica.

El esquema unifilar con el detalle de protecciones y canalizaciones se adjuntan en el Anexo II.

11.1. Derivación individual.

- Fusible.

El cálculo del calibre del fusible tiene que cumplir la siguiente inecuación según la GUÍA-BT-22 de protección contra sobrecorrientes:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 63 A \leq I_n \leq 100,8 A \quad (39)$$

El calibre del fusible que satisface la inecuación anterior es el de 63 A. Para elegir el fusible se recurrirá a algún fabricante de fusibles, en este caso, *df electric* [19]. El fusible es de cuchilla (NH) clase gG de uso general. Basándonos en el *datasheet* del fabricante se elige un fusible adecuado para la derivación individual. En este caso, por criterio propio, se elegirá el NH00 con referencia 381055, ya que posee un calibre $I_N = 63 A$, una tensión nominal $U = 500 V$ y un poder de corte $PdC = 120 kA$. A continuación, se procederá a comprobar si el fusible cumple con todas las especificaciones demandadas. La intensidad de cortocircuito máxima es de 12 kA.

$$PdC \geq I_{cc\max} \rightarrow 120 kA \geq 12 kA \quad (40)$$

Después, se debe comprobar que la intensidad de fusión (I_f) del fusible en 5s es menor que la máxima intensidad que soporta el conductor durante 5s (I_s). Para el cálculo de I_s se tiene que tener en cuenta un parámetro k regido por el apartado 434.5.2 de la Tabla 43A de la norma UNE-HD 60364-4-43 [20]. Este valor depende del cable y por tanto como es XLPE termoconformado, el valor es $k = 143$.

$$I_f \leq I_s \rightarrow I_f \leq \frac{kS}{\sqrt{t}} \rightarrow I_f \leq \frac{143 * 10}{\sqrt{5}} \rightarrow I_f \leq 639,51 A \quad (41)$$

Asimismo, también se tiene que tener en cuenta que la intensidad de fusión (I_f) debe ser menor a la corriente de cortocircuito mínima $I_{cc\min}$.

$$I_f \leq I_{cc\min} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * U_f}{R_{DI}} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * 230}{\frac{\rho * L}{S_N}} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * 230}{\frac{0.023 * 10}{10}} \rightarrow I_f \leq 80000 A \quad (42)$$

Teniendo en cuenta estas dos corrientes de fusión, se elegirá la que sea más restrictiva para ver si cumple con las gráficas aportadas por el fabricante.

$$I_f \leq \begin{cases} 639,51 A \\ 80000 A \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} I_f \leq 639,51 A \\ I_f \leq 80000 A \end{array} \right. \quad (43)$$

En la gráfica correspondiente a este fusible del *datasheet* del fabricante, se obtiene una I_f de 450 A. Por tanto, como ese valor no supera la calculada anteriormente, el fusible es válido para la derivación individual.

$$I_{f\text{gráfica}} \leq I_{f\text{calculado}} \rightarrow 450 A \leq 639,51 A \quad (44)$$

Como conclusión, el fusible NH00 cumple con todas las especificaciones de la vivienda, por tanto, es válido.

- Magnetotérmico.

El magneto térmico es de tipo domestico de P+N, un calibre de $I_N = 63 A$, su categoría es C y el poder de corte es de 15 kA.

- Interruptor en carga y limitador de sobretensiones transitorias.

El interruptor en carga permite cortar el suministro mientras que el limitador de sobretensiones transitorias evita que los picos de potencia dañen los equipos de la vivienda.

- Canalización.

La canalización de la derivación individual viene determinada por la Normativa Técnica Particular de Endesa, por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma [15]. Consultando el apartado 3.7.3 de esta normativa, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación serán de 40 mm². En este caso la canalización de la derivación individual es de 63 mm², por tanto, cumple con la normativa.

11.2. Grupo 1.

- Diferencial.

El diferencial es de configuración modular de 1P+N, un calibre de $I_N = 63$ A, la sensibilidad es de 30 mA, de tipo selectivo y clase AC.

11.3. Circuito de iluminación.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 10$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de iluminación viene determinada por la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 1,5 mm², serán de 16 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 16 mm por lo que cumple con la ITC.

11.4. Circuito de tomas de uso general.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de tomas de uso general viene determinada por la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 2,5 mm², serán de 20 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 20 mm por lo que cumple con la ITC.

11.5. Circuito de cocina y horno.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 25$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de cocina y horno sigue los dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 6 mm², serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.6. Circuito de lavadora.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de lavadora sigue lo dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 4 mm^2 , serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.7. Circuito de lavavajillas.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de lavavajillas sigue lo dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 4 mm^2 , serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.8. Circuito de termo eléctrico.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de termo eléctrico sigue lo dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 4 mm^2 , serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.9. Circuito de tomas húmedas.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Canalización.

La canalización del circuito de tomas húmedas sigue lo dispuesto en la ITC-BT-21 [22], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de $2,5 \text{ mm}^2$, serán de 20 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 20 mm por lo que cumple con la ITC.

11.10. Circuito de calefacción1.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 25$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Diferencial.

El diferencial es de configuración modular de 1P+N, un calibre de $I_N = 63$ A, la sensibilidad es de 30 mA, de tipo selectivo y clase AC.

- Canalización.

La canalización del circuito de calefacción1 sigue los dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 6 mm^2 , serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.11. Circuito de calefacción2.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de 1P+N, un calibre de $I_N = 25$ A, su curva es C y el poder de corte es de 3 kA.

- Diferencial.

El diferencial es de configuración modular de 1P+N, un calibre de $I_N = 63$ A, la sensibilidad es de 30 mA, de tipo selectivo y clase AC.

- Canalización.

La canalización del circuito de calefacción2 sigue los dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de 6 mm^2 , serán de 25 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 25 mm por lo que cumple con la ITC.

11.12. Circuito de recarga de vehículos eléctricos.

- Magnetotérmico

El magnetotérmico es de tipo doméstico o análogo de P+N, un calibre de $I_N = 16$ A, su curva es C y el poder de corte es de 6 kA.

- Diferencial.

El diferencial es de configuración modular de 4P, un calibre de $I_N = 63$ A, la sensibilidad es de 30 mA, de tipo instantáneo y clase AC.

- Canalización.

La canalización del circuito de recarga de vehículos eléctricos sigue los dispuesto en la ITC-BT-21 [21], por ello se va a realizar un pequeño apunte de la misma. Consultando la tabla 5 de esta ITC, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en esta instalación de sección de cable de $2,5 \text{ mm}^2$, serán de 32 mm. En este caso la canalización del circuito iluminación es de 40 mm por lo que cumple con la ITC.

11.13. Fotovoltaica.

- Fusible.

El cálculo del calibre del fusible tiene que cumplir la siguiente inecuación según la GUÍA-BT-22 de protección contra sobreintensidades:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \rightarrow 43,04 \text{ A} \leq I_n \leq 100,8 \text{ A} \quad (45)$$

El calibre del fusible que satisface la inecuación anterior es el de 80 A. Para elegir el fusible se recurrirá a algún fabricante de fusibles, en este caso, *df electric*[23]. El fusible es de cuchilla (NH) clase gPV de uso fotovoltaico. Basándonos en el *datasheet* del fabricante se elige un fusible adecuado para la derivación individual. En este caso, por criterio propio, se elegirá el NH1 con referencia 373240, ya que posee un calibre $I_N = 80$ A, una tensión nominal $U = 1000$ V y un poder de corte $PdC = 30$ kA. A continuación, se procederá a comprobar si el fusible cumple con todas las especificaciones demandadas. La intensidad de cortocircuito máxima es de 12 kA.

$$PdC \geq I_{cc\text{máx}} \rightarrow 30 \text{ kA} \geq 12 \text{ kA} \quad (46)$$

Después, se debe comprobar que la intensidad de fusión (I_f) del fusible en 5s es menor que la máxima intensidad que soporta el conductor durante 5s (I_s). Para el cálculo de I_s se tiene que tener en cuenta un parámetro k regido por el apartado 434.5.2 de la Tabla 43A de la norma UNE-HD 60364-4-43 [20]. Este valor depende del cable y por tanto como es XLPE termoconformado, el valor es $k = 143$.

$$I_f \leq I_s \rightarrow I_f \leq \frac{kS}{\sqrt{t}} \rightarrow I_f \leq \frac{143 * 25}{\sqrt{5}} \rightarrow I_f \leq 1598.78 \text{ A} \quad (47)$$

Asimismo, también se tiene que tener en cuenta que la intensidad de fusión (I_f) debe ser menor a la corriente de cortocircuito mínima $I_{cc\text{mín}}$.

$$I_f \leq I_{cc\text{mín}} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * U_f}{R_{DI}} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * 230}{\frac{\rho * L}{S_N}} \rightarrow I_f \leq \frac{0.8 * 230}{\frac{0.023 * 30}{25}} \rightarrow I_f \leq 6666,6 \text{ A} \quad (48)$$

Teniendo en cuenta estas dos corrientes de fusión, se elegirá la que sea más restrictiva para ver si cumple con las gráficas aportadas por el fabricante.

$$I_f \leq \begin{cases} 1598,78 \text{ A} \\ 6666,6 \text{ A} \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} I_f \leq 1598.78 \text{ A} \\ I_f \leq 6666,6 \text{ A} \end{array} \right. \quad (49)$$

En la gráfica correspondiente a este fusible del *datasheet* del fabricante, se obtiene una I_f de 120 A. Por tanto, como ese valor no supera la calculada anteriormente, el fusible es válido para la derivación individual.

$$I_{f\text{gráfica}} \leq I_{f\text{calculado}} \rightarrow 120 \text{ A} \leq 1598,78 \text{ A} \quad (50)$$

Como conclusión, el fusible NH1 cumple con todas las especificaciones de la instalación fotovoltaica, por tanto, es válido.

- Inversor.

El cálculo del inversor se realiza con la siguiente fórmula [24]:

$$S_{\text{carga}} = F_s \left(\frac{P_{\text{Carga-AC}}}{\text{Eff}_{\text{inv}}} \right) = 1,25 * \frac{9900}{0,95} = 13026,31 \text{ W} \rightarrow S_{\text{carga}} = 15000 \text{ W} \quad (51)$$

Dónde:

S_{Carga} → Potencia del inversor.

$P_{\text{Carga-AC}}$ → Potencia de la generación fotovoltaica.

F_s → Factor de seguridad.

Eff_{inv} → Eficiencia del inversor.

11. CONSUMO DE LA INSTALACIÓN:

El consumo de la instalación viene dado por los diferentes aparatos eléctricos que tenemos en nuestra vivienda. Se distribuyen en los circuitos anteriormente descritos.

Para el cálculo de consumo de la instalación, se ha buscado los electrodomésticos que efectivamente se encuentren en la instalación para poder saber el consumo en kW*h anual de la instalación.

Las hojas de cálculo con el detalle del cálculo de consumo de la instalación se adjuntan en el Anexo V.

11.1. Consumo circuito iluminación.

Para nuestra instalación disponemos de varios tipos de iluminación, tenemos fluorescentes de 60 cm [25], halógenos [22] y bombillas LED [26]. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, sabemos que en la cocina necesitamos 2 puntos de luz en que hemos puesto los fluorescentes, en el salón hemos colocado varios halógenos y las habitaciones, baños, pasillos, etc., hemos colocado bombillas de LED, estimando una utilización de horas de cada iluminación.

Tabla 1. Consumo diario Circuito iluminación.

Luminaria	Número Luminaria	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Fluorescentes	2	18	4	144 W*h
Halógenos	4	35	2	280 W*h
Bombillas LED	20	8,8	4	704 W*h
TOTAL Día				1128 W*h/día

Tabla 2. Consumo mensual Circuito iluminación.

Enero	34968 W*h/Mes
Febrero	31584 W*h/Mes
Marzo	34968 W*h/Mes
Abril	33840 W*h/Mes
Mayo	34968 W*h/Mes
Junio	33840 W*h/Mes
Julio	34968 W*h/Mes
Agosto	34968 W*h/Mes
Septiembre	33840 W*h/Mes
Octubre	34968 W*h/Mes
Noviembre	33840 W*h/Mes
Diciembre	34968 W*h/Mes
TOTAL Año	411,72 kW*h/Año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 411,72 kW*h durante un año en el circuito de iluminación.

11.2. Consumo circuito tomas de uso general.

Para nuestra instalación disponemos de varios aparatos conectados a las tomas de uso general: tenemos ordenador portátil [27], televisión [28], nevera [29], congelador [30], campana [31] y cargador de móvil. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, distribuiremos los enchufes como está nos indica y, en cada parte de nuestra vivienda, tendremos conectados los electrodomésticos, estimando una utilización de horas de cada uno.

Tabla 3. Consumo diario Circuito tomas de uso general.

Electrodomésticos	Número Electrodomésticos	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Ordenador	3	65	15	2925 W*h
Televisión	3	89	9	2403 W*h
Nevera en verano	1	100	24	2400 W*h
Nevera en invierno	1	80	24	1820 W*h
Congelador en verano	1	135	24	3240 W*h
Congelador en invierno	1	108	24	2592 W*h
Campana	1	143	2	286 W*h
Cargador de móvil	4	15	10	600 W*h
TOTAL Día Verano				11854 W*h/día
TOTAL Día Invierno				10726 W*h/día

Tabla 4. Consumo mensual Circuito tomas de uso general.

Enero	332506	W*h/mes
Febrero	300328	W*h/mes
Marzo	332506	W*h/mes
Abril	321780	W*h/mes
Mayo	367474	W*h/mes
Junio	355620	W*h/mes
Julio	367474	W*h/mes
Agosto	367474	W*h/mes
Septiembre	355620	W*h/mes
Octubre	332506	W*h/mes
Noviembre	321780	W*h/mes
Diciembre	332506	W*h/mes
TOTAL Año	4087,574	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación será de 4087,574 kW*h durante un año en el circuito de tomas de uso general.

11.3. Consumo circuito cocina y horno.

Para nuestra instalación disponemos de varios aparatos conectados a las tomas de cocina y horno: tenemos cocina de inducción [32] y horno [33]. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, distribuiremos los enchufes como nos indica. En la cocina tendremos colocada la cocina de inducción y el horno, estimando una utilización de horas de cada electrodoméstico.

Tabla 5. Consumo diario Circuito cocina y horno.

Electrodomésticos	Número Electrodomésticos	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Cocina de Inducción	1	175	2 h	350 W*h
Horno	1	3580	15 min	895 W*h
Total Día				1245 W*h/día

Tabla 6. Consumo mensual Circuito cocina y horno.

Enero	38595	W*h/mes
Febrero	34860	W*h/mes
Marzo	38595	W*h/mes
Abril	37350	W*h/mes
Mayo	38595	W*h/mes
Junio	37350	W*h/mes
Julio	38595	W*h/mes
Agosto	38595	W*h/mes
Septiembre	37350	W*h/mes
Octubre	38595	W*h/mes
Noviembre	37350	W*h/mes
Diciembre	38595	W*h/mes
TOTAL Año	454,425	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 454,425 kW*h durante un año en el circuito de cocina y horno.

11.4. Consumo circuito lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

Para nuestra instalación disponemos de varios aparatos conectados a las tomas de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico: tenemos lavadora [34], lavavajillas [35] y termo eléctrico [36]. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, distribuiremos los enchufes como nos indica. En la cocina tendremos conectados lavadora, lavavajillas y termo eléctrico, estimando una utilización de horas de cada electrodoméstico.

Tabla 7. Consumo diario Circuito lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

Electrodomésticos	Número Electrodomésticos	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Lavadora	1	630	1 h	630 W*h
Lavavajillas	1	920	30 min	460 W*h
Termo Eléctrico	1	1500	1 h	1500 W*h
Total Día				2590 W*h/día

Tabla 8. Consumo mensual Circuito lavavajillas, lavadora y termo eléctrico.

Enero	80290	W*h/mes
Febrero	72520	W*h/mes
Marzo	80290	W*h/mes
Abril	77700	W*h/mes
Mayo	80290	W*h/mes
Junio	77700	W*h/mes
Julio	80290	W*h/mes
Agosto	80290	W*h/mes
Septiembre	77700	W*h/mes
Octubre	80290	W*h/mes
Noviembre	77700	W*h/mes
Diciembre	80290	W*h/mes
TOTAL Año	945,35	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 945,35 kW*h durante un año en el circuito de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

11.5. Consumo circuito tomas húmedas.

Para nuestra instalación disponemos de varios aparatos conectados a las tomas de uso general: tenemos secador [37], tostadora [38], exprimidor [39] y microondas [40]. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, distribuiremos los enchufes como nos indica. En cocina y baño son las zonas donde tendremos conectados los electrodomésticos, estimando una utilización de horas de cada electrodoméstico.

Tabla 9. Consumo diario Circuito tomas húmedas.

Electrodomésticos	Número Electrodomésticos	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Secador	1	1800	15 min	450 W*h
Tostadora	1	980	5 min	78,4 W*h
Exprimidor	1	600	5 min	48 W*h
Microondas	1	800	20 min	240 W*h
TOTAL Día				816,4 W*h/día

Tabla 10. Consumo mensual Circuitos tomas húmedas.

Enero	25308,4	W*h/mes
Febrero	22859,2	W*h/mes
Marzo	25308,4	W*h/mes
Abril	24492	W*h/mes
Mayo	25308,4	W*h/mes
Junio	24492	W*h/mes
Julio	25308,4	W*h/mes
Agosto	25308,4	W*h/mes
Septiembre	24492	W*h/mes
Octubre	25308,4	W*h/mes
Noviembre	24492	W*h/mes
Diciembre	25308,4	W*h/mes
TOTAL Año	297,986	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 297,986 kW*h durante un año en el circuito tomas húmedas.

11.6. Consumo circuito calefacción.

Para nuestra instalación disponemos de varios radiadores eléctricos [41]. Cumpliendo la ITC-BT-25 [10] puntos de utilización, distribuiremos los enchufes para radiadores como nos indica. En cada parte de nuestra vivienda tendremos conectados los radiadores necesarios, estimando una utilización de horas de cada electrodoméstico. Tenemos radiadores de diferente tamaño distribuidos por la vivienda.

Tabla 11. Consumo diario Circuitos calefacción (situación invernal).

Radiadores	Número radiadores	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Radiador 340 mm	2	450	11	9900 W*h
Radiador 500 mm	3	750	11	24750 W*h
Radiador 740 mm	4	1200	11	52800 W*h
Radiador 900 mm	2	1500	11	33000 W*h
TOTAL Día				87450 W*h/día

Tabla 12. Consumo mensual Circuito calefacción.

Enero	2710950	W*h/mes
Febrero	2448600	W*h/mes
Marzo	2710950	W*h/mes
Abril	2623500	W*h/mes
Mayo	0	W*h/mes
Junio	0	W*h/mes
Julio	0	W*h/mes
Agosto	0	W*h/mes
Septiembre	0	W*h/mes
Octubre	2710950	W*h/mes
Noviembre	2623500	W*h/mes
Diciembre	2710950	W*h/mes
TOTAL Año	18539,4	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 18539,4 kW*h durante un año en el circuito calefacción. En este cálculo hemos decidido que la calefacción estará apagada los meses cálidos.

11.7. Consumo circuito recarga de vehículo eléctrico.

Para nuestra instalación disponemos de punto de recarga de vehículos eléctricos [42]. Mi vehículo es un Renault ZOE con una batería de capacidad 50 kW*h sabiendo que tiene una autonomía de unos 300 km y que se realizan unos 100 km diarios, sabemos que el vehículo tiene un consumo de batería de 16,6 kW*h para 100 km [42].

Para realizar una carga del vehículo tenemos una toma de recarga de 3,68 kW del tipo Green-up, por ello sabemos que será necesario un total de cinco horas diarias de recarga del vehículo, valor un poco superior al estimado por motivos de seguridad ya que el consumo depende fuertemente del tipo de trayecto.

Tenemos una recarga Green-up de 3,67 kW. La recarga Green-up es un punto de recarga físico instalado en la pared que nos sirve para recargar los vehículos eléctricos en nuestra casa.

Tabla 13. Consumo diario Circuito recarga de vehículos eléctricos.

Punto de recarga	Número de recargas	Potencia (W)	Horas estimadas funcionamiento	Energía (W*h)
Recarga Green-up	1	3680	5	18400 W*h
TOTAL Día				18400 W*h/día

Tabla 14. Consumo mensual Circuitos recarga de vehículos eléctricos.

Enero	570400	W*h/mes
Febrero	515200	W*h/mes
Marzo	570400	W*h/mes
Abril	552000	W*h/mes
Mayo	570400	W*h/mes
Junio	552000	W*h/mes
Julio	570400	W*h/mes
Agosto	570400	W*h/mes
Septiembre	552000	W*h/mes
Octubre	570400	W*h/mes
Noviembre	552000	W*h/mes
Diciembre	570400	W*h/mes
TOTAL Año	6716	kW*h/año

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 6716 kW*h durante un año en el circuito recarga de vehículo eléctrico.

11.8. Consumo Total de la instalación.

La suma total de nuestro circuito refleja el consumo que tenemos en nuestra instalación.

Tabla 15. Consumo total de la instalación.

Energía consumida total					
			Enero	3792,02	kW*h/mes
TOTAL Día	86,17	kW*h/día	Febrero	3425,95	kW*h/mes
Total Año	31452,46	kW*h/año	Marzo	3793,02	kW*h/mes
			Abril	3670,66	kW*h/mes
			Mayo	1117,04	kW*h/mes
			Junio	1081,00	kW*h/mes
			Julio	1117,04	kW*h/mes
			Agosto	1117,04	kW*h/mes
			Septiembre	1081,00	kW*h/mes
			Octubre	3793,66	kW*h/mes
			Noviembre	3670,66	kW*h/mes
			Diciembre	3793,02	kW*h/mes

Hemos calculado el consumo estimado que tendrá nuestra instalación y será de 31.452,46 kW*h durante un año. Una casa como la que nosotros estamos diseñando tiene un promedio de gasto mayor que la media porque **tenemos que sumar, al gasto normal de la vivienda, la calefacción eléctrica, el agua caliente y la recarga del vehículo eléctrico**. Por ello, el gasto medio de una vivienda en España es de 15.513 kW*h al año según la organización de consumidores y usuarios (OCU) [43], mientras que en nuestro caso, es más del doble que esa media por los motivos indicados.

12. RETSCREEN Expert:

RETScreen Expert es un software de gestión de energía limpia y eficiencia energética, centrado en energías renovables y en análisis de factibilidad de proyectos de cogeneración, así como en análisis de rendimientos energéticos en curso.

Se trata de un paquete de programas de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá que permite la identificación exhaustiva, evaluación y optimización de la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energías renovables y de eficiencia energética. De la misma forma, permite la medición y verificación del rendimiento de instalaciones, así como la identificación de oportunidades de ahorros y/o producción energética.

RETScreen es un programa desarrollado por el Laboratorio de Investigación de Recursos Naturales de Canadá en colaboración con otras instituciones como la NASA que proporciona a los usuarios soporte para modelar y analizar proyectos de energía limpia y mejoras en la eficiencia energética. Incluye todo tipo de sistemas basados en energías renovables así como una base de datos con multitud de ejemplos.

RETScreen Expert es la versión más reciente del software y fue lanzada al mercado el 19 de septiembre 2016. El software permite la identificación exhaustiva, la evaluación y la optimización de la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable y de eficiencia energética; igualmente, permite la medición y verificación del rendimiento de instalaciones, así como la identificación de oportunidades de ahorros/producción energética. Esta versión es de pago aunque permite su descarga gratuita y su uso en modo visualización (sin poder extraer los resultados obtenidos) [44].



Figura 7. Flujo de trabajo de RETScreen [44].

Con el programa, hemos obtenido las horas de sol que tenemos en cada mes en la localidad turolense de la Sierra de Albarracín de Royuela. También hemos comprobado el cálculo de nuestros circuitos para la estimación de consumo obtenido manualmente y la generación de nuestras placas solares.

Las hojas de cálculo con el detalle del cálculo del consumo y la generación se adjuntan en el Anexo VI.

Las placas solares que vamos a utilizar son el modelo Placa Solar 330 Wp [45]. Vamos a utilizar 30 placas, por lo que tendremos una generación de 9900 Wp. Este sistema podrá generar hasta 28,8 kWh/día en invierno y 57,6 kWh/día en verano, según el fabricante.

12.1. Datos meteorológicos según Retscreen.

El programa Retscreen muestra los datos meteorológicos obtenidos por la NASA ya que trabajan en colaboración. Podemos observar que en esta zona tenemos una irradiación solar media al año de 4,4 kW*h/m²/día.

		Ubicación de datos meteorológicos		Ubicación de la instalación		Fuente	
Latitud		40,3		40,4			
Longitud		-1,1		-1,5			
Zona climática							NASA
Elevación	m	1170	Ab. - Miral - Hómedo	1199			NASA - Mapa
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-2,2					NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	28,1					NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	22,6					NASA

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Precipitación mm	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Presión atmosférica hPa	Velocidad del viento m/s	Temperatura del suelo °C	Grados-días de calefacción 18 °C	Grados-días de refrigeración 25 °C
Enero	2,2	77,4%	24,80	2,10	88,6	4,9	1,7	490	0
Febrero	3,9	70,7%	22,96	3,05	88,6	5,0	3,2	412	0
Marzo	6,2	63,0%	26,04	4,32	88,5	4,8	6,7	366	0
Abril	8,7	60,7%	40,30	5,12	88,2	4,7	9,8	279	0
Mayo	13,1	56,0%	49,91	5,92	88,4	3,9	14,4	152	96
Junio	18,3	49,0%	33,30	7,02	88,7	3,5	19,9	0	249
Julio	21,8	41,0%	16,74	7,02	88,9	3,4	23,8	0	386
Agosto	21,4	44,1%	18,91	6,11	88,7	3,3	22,9	0	353
Septiembre	16,7	55,4%	36,30	4,85	88,7	3,4	17,7	39	201
Octubre	11,4	67,7%	46,81	3,16	88,6	4,1	11,7	205	43
Noviembre	5,8	78,0%	36,30	2,22	88,5	4,8	5,6	386	0
Diciembre	3,0	78,9%	28,83	1,80	88,6	4,8	2,5	493	0
Anual	11,6	61,7%	38,10	4,40	88,6	4,2	11,7	2,773	1,309
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medio a				m		10			0

Figura 8. Datos meteorológicos según RETScreen.

12.2. Datos de generación fotovoltaica según Retscreen.

El programa Retscreen calcula que los paneles instalados generan 11.006,533 kW*h, anualmente. Además, facilita datos de dos tipos de radiación solar diaria: en horizontal o en inclinado (Figura 9).

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Tarifa de electricidad - anual €/kWh	Generación de electricidad kWh
Enero	2,10	3,63	0,10	720,222
Febrero	3,05	4,47	0,10	793,410
Marzo	4,32	5,29	0,10	1.022,022
Abril	5,12	5,29	0,10	984,047
Mayo	5,92	5,47	0,10	1.035,612
Junio	7,02	6,16	0,10	1.097,727
Julio	7,02	6,30	0,10	1.139,551
Agosto	6,11	6,04	0,10	1.094,828
Septiembre	4,85	5,56	0,10	995,248
Octubre	3,16	4,19	0,10	798,501
Noviembre	2,22	3,60	0,10	682,876
Diciembre	1,80	3,23	0,10	642,489
Anual	4,40	4,94	0,10	11.006,533

Figura 9. Generación fotovoltaica según RETScreen.

12.3. Datos de consumo de la energía en porcentaje.

La Tabla 16 muestra el porcentaje de energía generada por la instalación, consumida por la vivienda, autoconsumida por la vivienda, consumida de la red eléctrica, así como los excedentes de producción si los hubiera. En nuestro caso como es una estimación mensual sólo tendremos excedentes en los meses de verano, aunque en realidad podremos tener algún excedente más en alguna hora específica a lo largo del año. Aquí hemos supuesto que existe un ajuste perfecto entre la generación y el consumo y que, por tanto, la energía autoproducida se autoconsume siempre (salvo que en ese más se produzca más que se consume). En realidad, no es así, ya que la generación puede concentrarse en unas horas del día distintas a las del consumo. Por tanto, el porcentaje de excedentes podría ser mayor en un escenario real, y el porcentaje de energía autoconsumida podría ser inferior.

Tabla 16. Porcentaje de energía autoconsumida, obtenida de la red eléctrica y excedentes.

	Generada por la instalación	Consumida por la vivienda	% Energía autoconsumo	% Energía red eléctrica	% Excedentes
Enero	720,22 kW*h	3792,92 kW*h	18,99%	81,01%	0%
Febrero	793,41 kW*h	3425,95 kW*h	23,16%	76,84%	0%
Marzo	1022,022 kW*h	3793,02 kW*h	26,24%	73,06%	0%
Abril	984,047 kW*h	3670,66 kW*h	26,81%	73,19%	0%
Mayo	1035,612 kW*h	1117,04 kW*h	92,71%	7,29%	0%
Junio	1097,727 kW*h	1081 kW*h	100,00%	0,00%	1,55%
Julio	1139,551 kW*h	1117,04 kW*h	100,00%	0,00%	2,02%
Agosto	1094,828 kW*h	1117,04 kW*h	98,01%	1,99%	0%
Septiembre	995,248 kW*h	1081 kW*h	92,07%	7,93%	0%
Octubre	798,501 kW*h	3793,66 kW*h	21,05%	78,95%	0%
Noviembre	682,876 kW*h	3670,66 kW*h	18,60%	81,40%	0%
Diciembre	642,489 kW*h	3793,02 kW*h	16,94%	83,06%	0%
TOTAL Año	11006,531 kW*h	31452,11 kW*h	52,04%	47,06%	0,30%

12.4. Datos de consumo de energía en kWh.

La Tabla 17 muestra los datos, en kWh, de la energía que generamos y consumimos en nuestra instalación, los kWh de la red eléctrica, los kWh del auto consumo y los kWh de los excedentes. Por supuesto, suponemos un ajuste perfecto de autoproducción y consumo. En la realidad, esto no es siempre así y esta estimación puede variar (menos energía autoconsumida, más energía consumida de la red eléctrica y más excedentes).

Tabla 17. Energía autoconsumida, consumida de la red eléctrica y excedentes.

	Generada por la instalación	Consumida por la vivienda	Energía auto consumida	Energía red eléctrica	Excedentes
Enero	720,22 kW*h	3792,92 kW*h	720,22 kW*h	3071,8 kW*h	0 kW*h
Febrero	793,41 kW*h	3425,95 kW*h	793,41 kW*h	2632,54 kW*h	0 kW*h
Marzo	1022,022 kW*h	3793,02 kW*h	1022,022 kW*h	2770,998 kW*h	0 kW*h
Abril	984,047 kW*h	3670,66 kW*h	984,047 kW*h	2686,613 kW*h	0 kW*h
Mayo	1035,612 kW*h	1117,04 kW*h	1035,612 kW*h	81,428 kW*h	0 kW*h
Junio	1097,727 kW*h	1081 kW*h	1024 kW*h	0 kW*h	16,727 kW*h
Julio	1139,551 kW*h	1117,04 kW*h	1058,14 kW*h	0 kW*h	22,511 kW*h
Agosto	1094,828 kW*h	1117,04 kW*h	1058,14 kW*h	22,212 kW*h	0 kW*h
Septiembre	995,248 kW*h	1081 kW*h	995,248 kW*h	85,752 kW*h	0 kW*h
Octubre	798,501 kW*h	3793,66 kW*h	798,501 kW*h	2995,159 kW*h	0 kW*h
Noviembre	682,876 kW*h	3670,66 kW*h	682,876 kW*h	2987,784 kW*h	0 kW*h
Diciembre	642,489 kW*h	3793,02 kW*h	642,489 kW*h	3150,531 kW*h	0 kW*h
TOTAL Año	11006,531 kW*h	31452,11 kW*h	10814,705 kW*h	20484,817 kW*h	39,238 kW*h

13. ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL AUTOCONSUMO EN LA FACTURA DE LA LUZ:

En esta sección vamos a ver cuál sería la influencia de la instalación de autoconsumo anterior (9,9 Wp) en la factura de la luz de la vivienda descrita.

De todas las modalidades de autoconsumo seleccionamos:

- Autoconsumo **individual**.
- Autoconsumo con **compensación de excedentes**: la energía excedentaria la vamos a verter a la red, recibiendo una compensación por ella al Precio Voluntario del Pequeño Consumidor (PVPC) para autoconsumo. Esta es la modalidad de autoconsumo más apropiada para nuestra instalación.

Vamos a calcular la factura de la luz sin autoconsumo y con la instalación de autoconsumo.

Las hojas de cálculo con el detalle del cálculo de cada factura se adjuntan en el Anexo VII.

13.1. Factura sin autoconsumo.

Para el cálculo de la factura de energía eléctrica tenemos un coste fijo, dependiente de la potencia contratada, y un coste variable, dependiente de la potencia consumida de la red. Suponemos que estamos abonados al PVPC.

13.1.1. Término fijo.

La ecuación 52 representa el total del término fijo: es la suma del peaje de acceso y el margen de la comercializadora.

$$\text{Termino Fijo} = \text{Peaje de acceso} + \text{Margen de comercializadora} \quad (52)$$

La ecuación 53 representa el peaje de acceso: es la potencia contratada en nuestra instalación (5,75 kW) por el peaje de acceso a baja tensión (38,043€/kW/año) [46] dividido por los días del año y multiplicado por los días del mes que son los días de facturación de nuestra instalación.

$$\text{Peaje de acceso} = \left(\frac{\text{Potencia contratada} * \text{Peaje}}{365} \right) * \text{periodo de facturación} \quad (53)$$

La ecuación 54 representa el margen de la comercializadora del término fijo: es la potencia contratada en la instalación por el coste fijo de la comercializadora (3,113€/kW/año) [47] dividido entre los días del año y multiplicado por los días del mes que son los días de facturación de nuestra instalación.

$$\begin{aligned} \text{Margen Comercializadora} & \quad (54) \\ & = \left(\frac{\text{Potencia contratada} * \text{Coste fijo}}{365} \right) * \text{periodo Facturación} \end{aligned}$$

13.1.2. Término variable.

El término variable, en este caso, es igual a la energía consumida de la red, que es igual a la energía total de nuestra instalación. No hay instalación de autoconsumo en este caso.

La ecuación 55 representa el coste de la energía de la red a PVPC: es la energía consumida en nuestra instalación por el precio del kWh (varía cada hora) [48].

$$\text{Termino variable} = \text{Energía consumida} * \text{Precio kWh} \quad (55)$$

13.1.3. Total antes del impuesto de electricidad.

La ecuación 56 representa el total antes de que se le apliquen los impuestos de electricidad y el alquiler del contador. Es la suma del término fijo y el término variable.

$$Total\ sin\ impuestos = Termino\ Fijo + Termino\ Variable \quad (56)$$

13.1.4. Total antes del IVA.

La ecuación 57 representa el total antes del IVA es la suma del total sin impuesto más el impuesto de la electricidad más el alquiler del contador.

$$Total\ sin\ IVA = Total\ sin\ impuestos + Impuesto\ de\ la\ electricidad + Alquiler\ del\ Contador \quad (57)$$

La ecuación 58 representa el impuesto de la electricidad: es la multiplicación del total sin impuestos por el impuesto de electricidad (5,11%) [49]. Como está en tanto por ciento lo dividimos entre 100.

$$Impuesto\ de\ electricidad = \frac{Total\ sin\ Impuesto * Impuesto\ Electricidad}{100} \quad (58)$$

La ecuación 59 representa el alquiler del contador: es la multiplicación del precio del alquiler por día (0,027€) [50] por los días del mes de facturación (31).

$$Alquiler\ contador = Precio\ alquiler * Periodo\ de\ Facturacion \quad (59)$$

13.1.5. Total factura.

La ecuación 60 representa la factura total que el usuario ha de pagar: es la suma del total sin IVA más el importe del IVA.

$$TOTAL = Total\ sin\ IVA + Importe\ IVA \quad (60)$$

La ecuación 61 representa el importe del IVA de la factura que es el 21% del total sin IVA [51].

$$Importe\ IVA = \frac{Total\ sin\ IVA * 21}{100} \quad (61)$$

13.2. Facturas con autoconsumo.

La factura con autoconsumo es exactamente igual a la anterior sólo que ahora al término variable hay que restarle los excedentes. El resultado de la factura con autoconsumo lo llamaremos *TOTALAutoconsumo*.

13.2.1. Término variable.

El término variable en este caso es la energía consumida de la red (es inferior al caso anterior ya que la instalación consume menos de la red al autoconsumir parte de la energía) menos los excedentes que se vierten a la red.

La ecuación 62 representa el término variable: es la resta del coste de la energía de la red menos los excedentes.

$$Termino\ Variable = Coste\ de\ la\ energia\ de\ la\ red - Excedentes \quad (62)$$

La ecuación 63 representa el coste de la energía de la red a PVPC: es la energía consumida en la instalación menos la energía generada por nuestra instalación de autoconsumo por el precio del kW [48]. En caso que la potencia autoconsumida sea igual o mayor a la potencia consumida no tendremos coste de la energía de la red y podremos vender lo excedentes que serán remunerados.

$$\begin{aligned} \text{Coste de la energía de la red} & \quad (63) \\ &= (\text{Energía consumida} - \text{Energía autoconsumida}) \\ & * \text{Precio kW} \end{aligned}$$

La ecuación 64 representa los excedentes que vendemos a la red: es la energía generada en nuestra instalación menos la energía consumida por nuestra instalación de autoconsumo por el precio de compensación del kWh (este precio cambia cada hora) [52]. No siempre tendremos excedentes, solo en los casos que la energía generada por nuestra instalación sea mayor a la energía consumida en nuestra instalación. Por tanto, la ecuación 64 solo se considerará en el caso de que los excedentes sean positivos.

$$\begin{aligned} \text{Excedentes} &= (\text{Energía generada} - \text{Energía consumida}) \\ & * \text{PrecioCompensación kW} \end{aligned} \quad (64)$$

13.3. Ahorro Mensual.

La ecuación 65 representa el ahorro en euros que tendremos en la factura al tener nuestra instalación de autoconsumo: es el TOTAL (sin autoconsumo) menos el TOTALAutoconsumo.

$$\text{Ahorro} = \text{TOTAL} - \text{TOTALAutoconsumo} \quad (65)$$

13.4. % Ahorro con Autoconsumo.

La ecuación 66 representa el ahorro en tanto por ciento que tendremos en nuestra instalación de autoconsumo: es el ahorro por 100 dividido entre el TOTAL (sin autoconsumo).

$$\% \text{ Ahorro} = \frac{\text{Ahorro} * 100}{\text{TOTAL}} \quad (66)$$

13.5. Facturas de la instalación.

En la siguiente tabla podemos observar cual sería el gasto de la instalación, con la instalación de autoconsumo y sin la instalación de autoconsumo.

Tabla 18. Ahorro con autoconsumo.

	Factura SIN Autoconsumo	Factura CON Autoconsumo	Ahorro Mensual	Porcentaje de Ahorro
Enero	590,98€	483,80 €	107,18 €	18,14%
Febrero	533,80€	415,73 €	118,07 €	22,12%
Marzo	590,99€	438,94 €	152,05 €	25,73%
Abril	571,93€	425,49 €	146,44 €	25,60%
Mayo	192,80€	38,69 €	154,10 €	73,93%
Junio	186,58€	24,78 €	161,79 €	86,72%
Julio	192,80€	25,32 €	167,48 €	86,87%
Agosto	192,80€	29,88 €	162,91 €	84,50%
Septiembre	186,58€	38,47 €	148,10 €	79,38%
Octubre	591,09€	472,26 €	118,83 €	20,10%
Noviembre	571,93€	470,33 €	101,60 €	17,76%
Diciembre	590,14€	494,52 €	95,61 €	16,20%
TOTAL Año	4.992,38€	3.358,21 €	1.634,17 €	32,73%

Como podemos observar en la tabla tenemos un ahorro de aproximadamente unos 1.634,21 €. En nuestro caso supondrá que el 32,73 % del consumo de la instalación estaría cubierto por la instalación de autoconsumo. El mayor ahorro lo tendremos en los meses que no se utiliza la calefacción ya que el gasto en esos meses es menor y la radiación es mayor. En estos meses sin calefacción el ahorro casi llega al 90% de la energía consumida.

14. CONCLUSIÓN:

14.1. Conclusiones generales del proyecto.

La potencia instalada en la provincia de Teruel es de 2142,945 MW con un total de 222 plantas de generación de las cuales 220 de energía renovable y 2 de energía no renovable. Dentro de las energías renovables tenemos plantas fotovoltaicas, hidráulicas, eólicas y de biomasa. Dentro de energías no renovables, ciclo combinado y carbón (está ya en fase de desmantelamiento). Por comarcas de la provincia de Teruel las mayores generadoras de electricidad son Bajo Marín y Andorra-Sierra de Arcos que son la que generan energía no renovable. En energía renovable las mayores generadoras son Comunidad de Teruel, Bajo Marín y Cuencas Mineras.

El autoconsumo eléctrico es la producción y consumición de energía eléctrica propia. En nuestro caso va a ser una instalación ubicada en la Comarca de la Sierra de Albarracín y conectada a la red eléctrica en modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.

La instalación está compuesta por ocho circuitos en los cuales tendremos conectada toda la iluminación de la casa, los electrodomésticos habituales de una casa, la calefacción eléctrica y una recarga de vehículos eléctricos. Estos circuitos están diseñados según las correspondientes ITCs.

El consumo de la instalación viene dado por todo lo que está conectado a los diferentes circuitos, teniendo un consumo anual de 31452,11 kW*h.

La instalación de autoconsumo es una instalación fotovoltaica que suministra 9900 Wp. Para el mejor diseño de esta hemos utilizado el programa Retscreen que ha ayudado a obtener los datos meteorológicos y de generación de nuestra instalación.

La factura eléctrica de nuestra instalación de autoconsumo comparada con la instalación sin autoconsumo muestra un ahorro del 32,73 %. En nuestro caso el ahorro será algo mayor al real ya que hemos calculado los consumos considerando una sola franja de cálculo al mes, cuando en la factura el cálculo es horario. Esto implica que habrá horas que tendremos excedentes que verter a la red (y por tanto será energía que no autoconsumiremos) y por ello el ahorro será menor, ya que el precio que se paga por lo que se vierte a la red es aproximadamente tres veces menor al precio de compra en la tarifa del PVPC.

14.2. Valoración personal.

Mi valoración personal sobre el Trabajo Fin de Grado (TFG) ha sido muy enriquecedor en todo su proceso de creación, porque es una de las tecnologías en desarrollo en la actualidad. Me ha servido para tener un mayor conocimiento de las energías renovables de la provincia y de las instalaciones de autoconsumo.

15.REFERENCIAS:

- [1] Gobierno de España, “Decreto.” <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf> (accessed Feb. 10, 2021).
- [2] Caminito del Rey, “No Title.” <http://www.caminitodelrey.info/es/4378/introduccion-electricidad-aplicada-industria> (accessed Feb. 11, 2021).
- [3] Soluciones Energeticas SA, “No Title.” <https://www.solener.com/intro.html> (accessed Feb. 11, 2021).
- [4] Autoconsumo.org, “Renovables del Sur.” <http://autoconsumo.org/introduccion/> (accessed Feb. 10, 2021).
- [5] Red Eléctrica Española, “Mapa de instalaciones de producción.” <https://www.esios.ree.es/es/mapas-de-interes/mapa-instalaciones-produccion> (accessed Dec. 15, 2020).
- [6] Gifex, “No Title.” https://www.gifex.com/detail/2010-10-08-12216/Comarcas_de_la_provincia_de_Teruel.html (accessed Feb. 11, 2021).
- [7] IDAE, “Guía del autoconsumo.” <https://www.idae.es/publicaciones/guia-practica-para-convertirse-en-autoconsumidor-en-5-pasos> (accessed Jan. 20, 2021).
- [8] IDAE, “Tramitación del Autoconsumo.” <https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo> (accessed Jan. 25, 2021).
- [9] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-10.” http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/rbt/guias/guia_bt_10_sep03R1.pdf (accessed Jan. 21, 2021).
- [10] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-25.” http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Guia_Tecnica_REBT/guia_bt_25_sep03R1.pdf (accessed Jan. 15, 2021).
- [11] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-27.” http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Guia_Tecnica_REBT/guia_bt_27_sep03R1.pdf (accessed Feb. 11, 2021).
- [12] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-46.” https://www.direct-electro.es/files/reglamentobajatenion/ITC_BT_46.pdf (accessed Feb. 11, 2021).
- [13] Ministerio de economía industria y competitividad, “ITC-BT-52.” http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/rbt/guias/guia_bt_52_nov17R1.pdf (accessed Feb. 11, 2021).
- [14] Ministerio de industria y energía., “ITC-BT-17.” http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/rbt/guias/guia_bt_17_sep03R1.pdf (accessed Feb. 11, 2021).
- [15] Norma Técnica de Endesa, “No Title.” https://www.edistribucion.com/content/dam/edistribucion/normastécnicasdeingenieriadereed/NRZ_103_EP_Instalaciones_Privadas_Consumidores_BT_v2.pdf (accessed Feb. 16, 2021).
- [16] Normalización Española, “UNE HD 60364-5-52.” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054027> (accessed Feb. 15, 2021).
- [17] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-19.” http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/Guia_Tecnica_REBT/guia_bt_19_sep03R1.pdf (accessed Feb. 16, 2021).
- [18] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-40.” <https://www.plcmadrid.es/wp-content/uploads/rebt/itc40/ITC-BT-40.pdf> (accessed Feb. 15, 2021).
- [19] Df Electric, “Fusibles.” <https://www.dfelectric.es/es/> (accessed Feb. 16, 2021).
- [20] Normalización Española, “UNE-HD 60364-4-43.” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0050710> (accessed Feb. 15, 2021).
- [21] Ministerio de ciencia y tecnología, “ITC-BT-21.” https://www.plcmadrid.es/wp-content/uploads/rebt/itc21/ITC-BT-21_rev.pdf (accessed Feb. 16, 2021).
- [22] RS, “Halogeno.” [https://es.rs-online.com/web/p/bombillas-halogenas/7926704/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--PLA_ES_ES_Iluminación_Whoop--\(ES:Whoop%21\)+Bombillas+halógenas+\(2\)--7926704&matchtype=&pla-341997032322&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURZ4UGD3v84jRh9PwcxeJmgAjVCDmp](https://es.rs-online.com/web/p/bombillas-halogenas/7926704/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--PLA_ES_ES_Iluminación_Whoop--(ES:Whoop%21)+Bombillas+halógenas+(2)--7926704&matchtype=&pla-341997032322&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURZ4UGD3v84jRh9PwcxeJmgAjVCDmp) (accessed Jan. 15, 2021).
- [23] Df Electric, “Fusible Fotovoltaico.” <https://dfelectric.es/documentacion/documentos-fotovoltaicos/fusibles-y-bases-fotovoltaicos.pdf> (accessed Feb. 12, 2021).
- [24] EFIMARKET, “Inversor.” <https://www.efimarket.com/blog/seleccionar-inversor-una-instalacion-fotovoltaica/> (accessed Feb. 17, 2021).
- [25] RS, “Fluorescente.” [https://es.rs-online.com/web/p/tubos-fluorescentes/6561270/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Iluminación_Whoop--\(ES:Whoop!\)+Tubos+fluorescentes--6561270&matchtype=&pla-](https://es.rs-online.com/web/p/tubos-fluorescentes/6561270/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Iluminación_Whoop--(ES:Whoop!)+Tubos+fluorescentes--6561270&matchtype=&pla-)

- 310150221556&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURbBBm9BJqEkIFUgjIdQr7AMXVL4s2JoYM9_ (accessed Jan. 15, 2021).
- [26] RS, “Bombilla LED.” [https://es.rs-online.com/web/p/bombillas-led/1917736/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--_google-_CSS_ES_ES_Iluminación_Whoop_-\(ES:Whoop%21\)+Bombillas+LED--1917736&matchtype=&pla-352811165167&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURcaNzTdxq77oaH8N3N1uw4ldwXj2RHA3lktD77DHOfk0m](https://es.rs-online.com/web/p/bombillas-led/1917736/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--_google-_CSS_ES_ES_Iluminación_Whoop_-(ES:Whoop%21)+Bombillas+LED--1917736&matchtype=&pla-352811165167&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURcaNzTdxq77oaH8N3N1uw4ldwXj2RHA3lktD77DHOfk0m) (accessed Jan. 15, 2021).
- [27] LENOVO, “Ordenador.” <https://www.lenovo.com/es/es/laptops/thinkpad/thinkpad-x1/X1-Carbon-Gen-8-/p/20U9004PSP> (accessed Jan. 15, 2021).
- [28] PC-Componentes, “Televisión.” <https://www.lenovo.com/es/es/laptops/thinkpad/thinkpad-x1/X1-Carbon-Gen-8-/p/20U9004PSP> (accessed Jan. 15, 2021).
- [29] Balay, “Nevera.” https://www.balay.es/catalogo-electrodomesticos/frigorificos-y-congeladores/combi/libre-instalacion/3KFD766XI?cid=es_balay_mda_range_shopping_alwayson_diasbalay_dentsux%7Csear%7C1120%7Cpc%7Cgoo%7C11541752281%7C117768954412%7Cshop%7COfferBrand%7Ca23_es_d2 (accessed Jan. 15, 2021).
- [30] Bosch, “Congelador.” <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/electrodomesticosbosch/productos-congeladores/GTA30902#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1575603884/Togglebox=-591331221/Togglebox=318045609/> (accessed Jan. 15, 2021).
- [31] Balay, “Campana.” <https://www.balay.es/catalogo-electrodomesticos/campanas-extractoras/decorativas-pared/3BC967GX#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1089902773/Togglebox=-1575603884/Togglebox=-189706706/Togglebox=318045609/> (accessed Jan. 20, 2021).
- [32] Bosch, “Cocina de Inducción.” https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/ofertas/cocina/placas-induccion/PID651FC3E?cid=es_bosch_mda_range_shopping_alwayson_todosaldrabien_dentsux%7Csear%7C0620%7Cpc%7Cgoo%7C11902875347%7C112826010662%7Cshop%7CMDA%7CAllGeneric%7Ca01_es_d2c_o (accessed Jan. 20, 2021).
- [33] Bosch, “Horno.” <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/electrodomesticosbosch/productos-hornos/HBN43W350E#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1575603884/Togglebox=318045609/Togglebox=330885287/> (accessed Jan. 20, 2021).
- [34] Bosch, “Lavadora.” <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/ofertas/lavadoras/WAU24S42ES#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1575603884/Togglebox=-189706706/Togglebox=318045609/Togglebox=330885287/> (accessed Jan. 20, 2021).
- [35] Bosch, “Lavavajillas.” <https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/SMV51E40EU#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1575603884/Togglebox=-189706706/Togglebox=318045609/Togglebox=330885287/> (accessed Jan. 20, 2021).
- [36] RP, “Termo Electrico.” https://gruporp.es/comprar/termo-electrico-thermor-ceramics-pro-80-l-vertical-con-resistencia-envainada.html?id_product_attribute=0&gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURdVqoB78II3H-HJ36_fhoZst7IM3t24pzxxDZJ5q2MQsDfzjPozRoCMOIQAvD_BwE (accessed Jan. 20, 2021).
- [37] PC-Componentes, “Secador.” <https://www.pccomponentes.com/cecotec-bamba-ionicare-6000-rockstar-ice-secador-de-pelo-1800w> (accessed Jan. 20, 2021).
- [38] ElectroTres, “Tostadora.” <https://www.electrotres.com/tostadora-bosch-tat3a001-4242002717555.html> (accessed Jan. 20, 2021).
- [39] Fnac, “Exprimidor.” <https://www.fnac.es/Exprimidor-Cecotec-Zitrus-PowerAdjust-600-Blanco-Desayuno-Cafe-Exprimidor/a7099231> (accessed Jan. 20, 2021).
- [40] Balay, “Microondas.” <https://www.balay.es/catalogo-electrodomesticos/microondas/integrables/3CG5172N0#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1681851069/> (accessed Jan. 20, 2021).
- [41] Climaharro, “Radiadores.” <https://www.climahorro.es/radiadores/emisores-termicos-electricos/mithos-radiador-electrico-lambda080.html> (accessed Jan. 20, 2021).
- [42] Renault, “Renault ZOE.” <https://www.renault.es/electricos/zoe/bateria.html> (accessed Feb. 05, 2021).
- [43] OCU, “Consumo.” <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/cuanta-energia->

- consume-una-casa-571584#:~:text=Una casa española consume al,de viviendas (7.544 kWh). (accessed Jan. 02, 2021).
- [44] Gobierno de Canada, “RETScren.” <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465> (accessed Feb. 11, 2021).
- [45] Tecnosolar, “Placas Solares.” .
- [46] IDAE, “Peaje de Acceso.” https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/tarifas_reguladas_enero_2021.pdf (accessed Feb. 01, 2021).
- [47] P. Monge, “Margen comercializadora,” *El pais*, 2017.
- [48] Red Eléctrica Española, “PVPC.” https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?vis=1&start_date=30-05-2019T00%3A00&end_date=30-05-2019T23%3A00&compare_start_date=29-05-2019T00%3A00&groupby=hour&compare_indicators=1013,1014,1015 (accessed Feb. 11, 2021).
- [49] TarifaLuzHora, “Impuesto.” .
- [50] IDAE, “Contador.” https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/tarifas_reguladas_enero_2021.pdf (accessed Feb. 02, 2021).
- [51] 20Minutos, “IVA,” *20Minutos*, 2015.
- [52] Red Eléctrica Española, “Excedentes.” https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?vis=1&start_date=30-05-2019T00%3A00&end_date=30-05-2019T23%3A00&compare_start_date=29-05-2019T00%3A00&groupby=hour&compare_indicators=1013,1014,1015 (accessed Feb. 10, 2021).

