



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **EVALUACIÓN DE CONFIGURACIONES HÍBRIDAS PARA ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO SOSTENIBLE DEL BARRIO DE BENICALAP**

AUTORA: ISABEL CANTERO LÓPEZ

TUTORA: ELISA PEÑALVO LÓPEZ

COTUTOR: FRANCISCO JAVIER CÁRCEL CARRASCO

**Curso Académico: 2019-20**



## **AGRADECIMIENTOS**

“A mi familia y compañeros, por darme fuerzas para seguir siempre hacia delante.

A mi tutora Elisa y a Begoña.

Gracias.”

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiarán diferentes configuraciones posibles para el abastecimiento energético del barrio de Ciutat Fallera mediante el aprovechamiento de los recursos naturales de la zona, creando un sistema energético lo más limpio posible. Con el fin de lograr este objetivo, se caracterizarán tanto la demanda como los recursos disponibles. Tras analizar la información obtenida y teniendo en cuenta el mercado actual de tecnologías, se describirán las posibles soluciones y, de entre ellas, se seleccionará la más viable según los criterios seleccionados.

Las diferentes soluciones dadas, propondrán sistemas híbridos con la mayor aportación posible de energías renovables, tratando de evitar aquellas tecnologías que producen mayor impacto medioambiental. Para seleccionar la mejor opción se tendrán en cuenta tanto el impacto económico y técnico como ambiental. Por último, se hará una descripción del escenario seleccionado.

Con el objetivo de poder llevar a cabo el presente trabajo, se realizarán multitud de estudios sobre la situación actual del ámbito energético, tanto en su orientación a futuro, como sus avances tecnológicos y nuevos mercados y políticas vigentes. Estos estudios se complementarán con un análisis del modelo de consumo energético del barrio -para el cálculo de sus diferentes curvas de demanda- y con el análisis de la cantidad y distribución de los recursos disponibles, incluyendo valores de mediciones experimentales. Tras ello y teniendo en cuenta el escaso desarrollo que se tiene en España en el ámbito de la generación distribuida, se propondrá un nuevo escenario energético de cara a futuro.

**Palabras Clave:** Sistemas renovables, energías renovables, abastecimiento, HOMER, sostenibilidad.

## RESUM

En aquest treball s'estudiaran diferents configuracions possibles per al subministrament d'energia del districte de Ciutat Fallera, aprofitant els recursos naturals de la zona i creant un sistema energètic el més net possible. Per tal d'aconseguir aquest objectiu, es caracteritzaran tant la demanda com els recursos disponibles. Després d'analitzar la informació obtinguda i tenint en compte el mercat actual de tecnologies, es descriuran les possibles solucions i, entre elles, es seleccionaran les més viables en funció dels criteris seleccionats.

Les diferents solucions donades, proposaran sistemes híbrids amb la major aportació possible d'energies renovables, intentant evitar aquelles tecnologies que produeixin un major impacte mediambiental. Per tal de seleccionar la millor opció, es tindran en compte tant l'impacte econòmic i tècnic com el mediambiental. Finalment, es realitzarà una descripció de l'escenari seleccionat.

Per poder dur a terme l'actual treball, es realitzaran multitud d'estudis sobre la situació actual a l'àmbit energètic, tant en la seva orientació al futur, com en els avanços tecnològics i nous mercats i polítiques vigents. Aquests estudis es complementaran amb una anàlisi del model de consum energètic del barri – per al càlcul de les seues diferents corbes de demanda – i amb l'anàlisi de la quantitat i la distribució dels recursos disponibles, incloent-hi els valors de mesurament experimentals. Després d'això i tenint en compte el baix desenvolupament que es troba actualment a Espanya en l'àmbit de la generació distribuïda, es proposarà un nou escenari energètic de cara a futur.

**Paraules clau:** sistemes renovables, energies renovables, subministrament, Homer, sostenibilitat.

## **ABSTRACT**

In the present work, different configurations for the energy supply of Ciutat Fallera neighborhood will be studied by taking advantage of the natural resources of the area, creating an energy system as clean as possible. To meet the purpose of this project, both demand and local resources will be defined. Once analyzed the information collected and considering the current technology market, different solutions will be described and, according to the criteria selected, the most feasible one will be selected.

The given solutions will propose hybrid systems with the greatest contribution of renewable energy, trying to avoid those technologies that produce higher environmental impact. To select the best option, they will be evaluated the technical, economic, and environmental impacts. Finally, a description of the selected scenario will be made.

To carry out this work, a research of the current situation in the energy field, its future evolution directions, technological advances and new markets and policies will be done. These studies will be complemented by an analysis of the neighborhood energy consumption model -for the calculation of its different demand curves- and with the analysis of the quantity and distribution of available resources, including the values of experimental measurements. After that and considering the low development of the distributed generation in Spain, a new energy scenario will be proposed looking for the future.

**Keywords:** renewable systems, renewable energies, supply, Homer, sustainability.

# ÍNDICES

## ÍNDICE GENERAL

- MEMORIA
- PRESUPUESTO

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1.	INTRODUCCIÓN .....	17
1.1	Objetivos del trabajo.....	17
1.2	Motivación y justificación .....	17
1.3	Esquema de trabajo .....	18
CAPÍTULO 2.	ANÁLISIS PREVIO .....	19
2.1	Antecedentes .....	19
2.1.1	Marco global.....	19
2.1.2	Marco local.....	19
2.2	Tecnologías disponibles .....	20
2.2.1	Energía eólica .....	21
2.2.2	Energía solar fotovoltaica.....	22
2.2.3	Bioenergía .....	24
2.3	Documentación sobre el emplazamiento .....	25
2.3.1	Localización .....	25
2.3.2	Recursos disponibles .....	27
2.3.2.1	<i>Recurso eólico</i> .....	27
2.3.2.2	<i>Recurso solar</i> .....	29
2.3.2.3	<i>Biomasa</i> .....	31
CAPÍTULO 3.	ESTUDIO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA.....	32
3.1	Análisis del escenario energético .....	32
3.1.1	Demanda del sector residencial.....	33
3.1.2	Demanda del sector servicios.....	41
3.1.2.1	<i>Comercios de alimentación</i> .....	42

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

---

3.1.2.2	<i>Restauración</i> .....	44
3.1.2.3	<i>Pequeños comercios</i> .....	45
3.1.2.4	<i>Residencia de ancianos</i> .....	47
3.1.3	Demanda del sector público.....	49
3.2	Demanda total.....	50
CAPÍTULO 4.	METODOLOGÍA.....	52
CAPÍTULO 5.	SIMULACIÓN Y VIABILIDAD .....	55
5.1	Introducción de datos en HOMER.....	55
5.1.1	Definición de la demanda.....	55
5.1.2	Definición de los recursos .....	57
5.1.3	Definición de tecnologías .....	58
5.1.3.1	<i>Paneles fotovoltaicos</i> .....	58
5.1.3.2	<i>Inversores</i> .....	58
5.1.3.3	<i>Aerogeneradores</i> .....	59
5.1.3.4	<i>Red eléctrica</i> .....	61
5.1.4	Definición de restricciones.....	62
5.2	Definición de alternativas .....	63
5.2.1	Escenario BAU .....	63
5.2.2	Conexión centralizada con excedentes.....	63
5.2.3	Conexión centralizada sin excedentes .....	67
5.2.4	Generación distribuida sin excedentes .....	69
5.2.5	Conexión distribuida con excedentes .....	73
5.3	Selección del mejor escenario.....	77
5.3.1	Comparación de escenarios .....	77
5.3.2	Justificación de la selección de escenario .....	79
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES .....	82
CAPÍTULO 7.	BIBLIOGRAFÍA.....	84
<b>ÍNDICE DEL PRESUPUESTO</b>		
CAPÍTULO 1.	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	89
CAPÍTULO 2.	CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS.....	89



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Esquema de trabajo.....	18
Ilustración 2 Curva I-V con PMP. Fuente: Apuntes de Tecnología Energética.....	23
Ilustración 3 Localización barrio de Ciutat Fallera. Fuente: Google Maps.....	25
Ilustración 4 Áreas vulnerables y potencialmente vulnerables en el distrito de Benicalap, 2016. Fuente: Oficina de Estadística, Ayuntamiento de Valencia. ....	26
Ilustración 5 Evolución de la irradiancia horaria media mensual durante el año 2019. Mediciones experimentales.....	30
Ilustración 6 Evolución de la irradiación media diaria mensual. Mediciones experimentales (año 2019) y base de datos de ADRASE. ....	30
Ilustración 7 Superficie estudio. Fuente: Google Earth.....	32
Ilustración 8 Consumo horario de la iluminación. ....	34
Ilustración 9 Consumo horario de la lavadora. Fuente: SPAHOUSEC. ....	35
Ilustración 10 Consumo horario del lavavajillas. Fuente: SPAHOUSEC.....	35
Ilustración 11 Consumo horario del frigorífico. Fuente: SPAHOUSEC. ....	35
Ilustración 12 Consumo horario del standby. Fuente: SPAHOUSEC. ....	35
Ilustración 13 Consumo horario de la cocina eléctrica y el horno. Fuente: INDEL. ....	36
Ilustración 14 Consumo horario de la televisión y ordenadores y 'otros electrodomésticos'. Fuente: INDEL.....	36
Ilustración 15 Consumo horario de la climatización sobre el consumo total diario.....	38
Ilustración 16 Consumo mensual de la climatización sobre el consumo total anual. ....	38
Ilustración 17 Consumo diario de la climatización residencial. ....	38
Ilustración 18 Consumo mensual de la climatización residencial.....	39
Ilustración 19 Evolución del consumo horario en una vivienda tipo (día laborable de invierno). ....	39
Ilustración 20 Evolución del consumo horario en una vivienda tipo (día laborable de verano). 40	
Ilustración 21 Consumo diario para cada mes del sector residencial en la zona estudio.....	40
Ilustración 22 Evolución anual de la demanda del sector servicios. ....	41
Ilustración 23 Distribución de la demanda diaria en comercios de alimentación. Fuente: REE. 42	

Ilustración 24 Coeficiente de estacionalidad en comercios de alimentación. Fuente: REE.....	43
Ilustración 25 Consumo del supermercado, carnicería y frutería.....	43
Ilustración 26 Curva de carga disgregada del supermercado. ....	44
Ilustración 27 Distribución porcentual de la demanda diaria de bares y restaurantes. Fuente: REE.....	44
Ilustración 28 Coeficiente de estacionalidad en bares y restaurantes. Fuente: REE. ....	44
Ilustración 29 Consumo horario de los bares/restaurantes. ....	45
Ilustración 30 Curva de carga disgregada del sector restauración. ....	45
Ilustración 31 Curva de carga comercial, distribución porcentual de la demanda a lo largo del día. Fuente: SCRIBD, “Curvas de carga, factores que caracterizan su comportamiento”. ....	46
Ilustración 32 Distribución de la demanda diaria de pequeños comercios. Fuente: REE.....	46
Ilustración 33 Coeficiente de estacionalidad en pequeños comercios. Fuente: REE.....	46
Ilustración 34 Consumo pequeños comercios. ....	47
Ilustración 35 Curva de carga disgregada de los pequeños comercios. ....	47
Ilustración 36 Distribución de la demanda anual residencial. Fuente: “Guía de ahorro energético en residencias de mayores” (Comunidad de Madrid, 2005).....	48
Ilustración 37 Curva de carga horaria de la residencia de ancianos.....	48
Ilustración 38 Consumos disgregados de la residencia de ancianos. ....	49
Ilustración 39 Distribución de encendido de las luminarias en un día de invierno y uno de verano. ....	50
Ilustración 40 Evolución mensual de la demanda total. ....	50
Ilustración 41 Evolución horaria de la demanda total en un día medio. ....	51
Ilustración 42 Metodología de trabajo con el software.....	54
Ilustración 43 Ejemplo de un edificio tipo 1. Fuente: Google Earth. ....	56
Ilustración 44 Ejemplo de un edificio tipo 2. Fuente: Google Earth. ....	56
Ilustración 45 Evolución de la radiación solar en Ciutat Fallera. Fuente: HOMER.....	57
Ilustración 46 Evolución de la velocidad del viento en Ciutat Fallera (altura de 3m). Fuente: HOMER. ....	57
Ilustración 47 Curva de potencia del ‘Wind Tree’ .....	60
Ilustración 48 Aspecto del ‘Wind Tree’ .....	60
Ilustración 49 Curva de potencia del ‘Vortex Bladeless’ .....	60
Ilustración 50 Aspecto del ‘Vortex Bladeless’ .....	60
Ilustración 51 Aspecto del ‘Qr6’ .....	61
Ilustración 52 Curva de potencia del ‘Qr6’ .....	61

Ilustración 53 Estructura de la generación para una conexión centralizada con excedentes. Fuente: HOMER.....	64
Ilustración 54 Comportamiento en un día de máximos excedentes de la instalación de generación centralizada con excedentes. Fuente: HOMER. ....	65
Ilustración 55 Comportamiento en un día de máxima demanda del escenario con excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER. ....	66
Ilustración 56 Comportamiento en un día de mínima generación renovable del escenario con excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER. ....	66
Ilustración 57 Estructura de la generación para una conexión centralizada sin excedentes. Fuente: HOMER.....	67
Ilustración 58 Comportamiento en un día de máximos excedentes de la instalación de generación centralizada sin excedentes. Fuente: HOMER. ....	68
Ilustración 59 Comportamiento en un día de máxima demanda del escenario sin excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER. ....	68
Ilustración 60 Edificio tipo 1. Comportamiento en días de máximo excedente. Fuente: HOMER. ....	71
Ilustración 61 Edificio tipo 1 + Supermercado. Comportamiento en un día de máximo excedente. Fuente: HOMER.....	71
Ilustración 62 Edificio tipo 2 + Bazar. Comportamiento en un día de máxima demanda. Fuente: HOMER. ....	72
Ilustración 63 Residencia de ancianos. Comportamiento en un día de máxima demanda. Fuente: HOMER.....	72
Ilustración 64 Residencia de ancianos. Comportamiento en un día de máximos excedentes. Fuente: HOMER.....	73
Ilustración 65 Edificio tipo 2 + Bazar. Comportamiento en un día de máximos excedentes. Fuente: HOMER.....	75
Ilustración 66 Edificio tipo 2 + Bazar. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER. ....	75
Ilustración 67 Edificio tipo 1. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER. ....	76
Ilustración 68 Edificio tipo 1 + Supermercado. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER. ....	76
Ilustración 69 Residencia de ancianos. Día de máxima demanda y máximos excedentes. Fuente: HOMER. ....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica en España y emisiones totales de CO <sub>2</sub> . Fuente: PNIEC.....	20
Tabla 2 Comparación de medidas de la velocidad media mensual del viento. Fuentes: Datos Clima y Elaboración propia.....	28
Tabla 3 Velocidad del viento en Ciutat Fallera.....	29
Tabla 4 Irradiación solar en Benicalap. Fuente: ADRASE.....	30
Tabla 5 Consumos eléctricos diarios en una vivienda tipo de la zona.....	34
Tabla 6 Variación media anual de los consumos en el sector residencial. Fuente: INDEL.....	34
Tabla 7 Límites de encendido de la calefacción residencial. Fuente: Código Técnico.....	37
Tabla 8 Límites de encendido de la refrigeración residencial. Fuente: Código Técnico.....	37
Tabla 9 Coeficientes de laboralidad de la demanda residencial. Fuente: INDEL.....	40
Tabla 10 Comercios de alimentación de la zona.....	42
Tabla 11 Horas de encendido de la iluminación viaria. Fuente: Ayuntamiento de Valencia.....	49
Tabla 12 Características de los paneles fotovoltaicos. Fuente: AutoSolar.....	58
Tabla 13 Características de los inversores. Fuente: AutoSolar.....	59
Tabla 14 Características del 'Wind Tree'. Fuente: New World Wind.....	60
Tabla 15 Características del 'Vortex Bladeless'. Fuente: Vortex Bladeless.....	61
Tabla 16 Características del Qr6. Fuente: Quiet Revolution.....	61
Tabla 17 Escenario BAU. Resumen de características. Fuente: HOMER.....	63
Tabla 18 Conexión centralizada con excedentes. Resumen de características. Fuente: HOMER.....	64
Tabla 19 Conexión centralizada sin excedentes. Resumen de características. Fuente: HOMER.....	67
Tabla 20 Generación distribuida sin excedentes. Resumen de escenarios. Fuente: HOMER.....	70
Tabla 21 Generación distribuida con excedentes. Resumen de escenarios. Fuente: HOMER.....	74
Tabla 22 Resumen de las características de los escenarios propuestos. Fuente: HOMER.....	78
Tabla 23 Características principales de los escenarios propuestos. Fuente: HOMER y elaboración propia.....	79

## **ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1 Potencia eólica extraíble .....	22
Ecuación 2 Velocidad del viento en función de la altura .....	22
Ecuación 3 Máxima potencia de una célula fotovoltaica.....	23
Ecuación 4 Rendimiento de una célula fotovoltaica. ....	23
Ecuación 5 Inclinación óptima de un panel fotovoltaico. ....	24



# MEMORIA





## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO.**

Este trabajo tiene como finalidad la realización de un análisis de viabilidad para lograr un sistema energético sostenible en el barrio de Ciutat Fallera (Valencia).

El objetivo de este análisis es renovar el sistema energético de la zona, tratando de conseguir reducir al máximo las emisiones debidas al abastecimiento de la demanda y asegurando, a su vez, la cobertura de la zona.

Mediante la integración de sistemas renovables, no solo se logra la reducción del impacto debido a la generación de gases de efecto invernadero, sino que, además, dotará a la zona de mayor autosuficiencia, dando un gran paso en la ciudad de Valencia hacia la generación distribuida, lo que proporcionará seguridad y empoderamiento al barrio.

Este proyecto, permitirá dar a un barrio hasta hace poco olvidado una nueva imagen que da ejemplo de desarrollo y transición.

### **1.2 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN**

La realización de este trabajo como último paso para finalizar el Grado en Tecnologías Industriales, lleva al alumno a plantearse cuáles son sus intereses y le brinda la oportunidad de profundizar en aquello más afín a sus perspectivas en el mundo profesional.

En este caso, la inquietud por conocer diferentes medios para conseguir una forma de vida más amigable con nuestro planeta lleva a tener un profundo interés en el marco de las energías renovables y la reducción de la huella de carbono. De esta manera, la optativa “Introducción a las Energías Renovables” ha servido de base para la inspiración en la realización de este proyecto. Los conocimientos aprendidos en esta asignatura, junto con la troncal “Tecnología Energética” así como otras asignaturas y cursos realizados, han sido clave para una comprensión más profunda del tema tratado.

Orientar el trabajo hacia la búsqueda de un sistema alternativo a las fuentes convencionales permite adentrarse en la búsqueda de esa ‘comunidad sostenible’ que supone el onceavo objetivo en la Agenda 2030. Se trata, por tanto, de un trabajo de gran actualidad.

En España, a pesar de su gran potencial para la generación renovable, no ha habido suficiente desarrollo en el ámbito de autoconsumo debido a que la normativa no favorecía la implantación de estas tecnologías. Sin embargo, con la nueva ley de autoconsumo publicada en 2019, se abre una nueva puerta para el avance hacia la transición energética. Dentro de esta ley destaca la eliminación del conocido impuesto al sol y la definición del autoconsumo colectivo (Real Decreto 244/2019, 2019)

### 1.3 ESQUEMA DE TRABAJO

El procedimiento seguido para la realización del trabajo puede resumirse en el siguiente diagrama de convergencia:

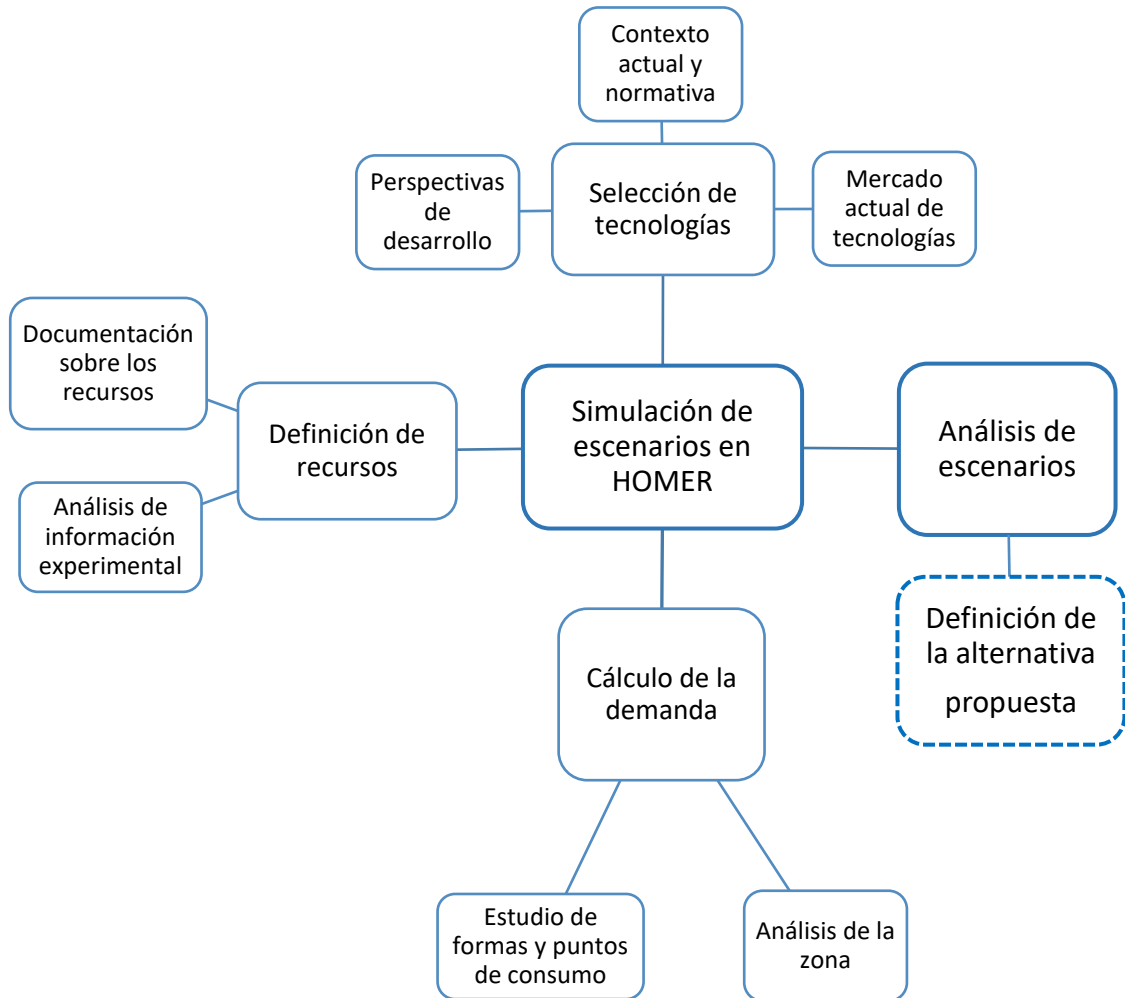


Ilustración 1 Esquema de trabajo.

## **CAPÍTULO 2. ANÁLISIS PREVIO**

### 2.1 ANTECEDENTES

#### 2.1.1 Marco global

El crecimiento de la población y la demanda y la dependencia de los combustibles fósiles -un recurso cuyo agotamiento ya alcanza la vista y cuyos yacimientos se localizan en zonas inestables a nivel político- unido al impacto ambiental que suponen y a las grandes desigualdades sociales desarrolladas, han dado lugar a la búsqueda de nuevas políticas, alianzas y tecnologías que permitan dar solución a los problemas generados.

En este marco aparece la Agenda 2030 desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y caracterizada por 17 objetivos cuya finalidad es alcanzar un sistema sostenible tanto a nivel técnico y económico como social.

La Unión Europea (UE), por su parte, ha establecido una serie de metas a cumplir por los países miembros, entre ellos España. Estas metas son de carácter obligatorio. Las más destacadas son:

- Lograr una media europea de un 32% de cuota de energías renovables.
- Lograr una media europea de un 32,5% de mejora de la eficiencia energética.
- Lograr una media europea de un 40% de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a los niveles registrados en 1990 (Comisión Europea, 2014).

Ante a esta situación, el sector energético busca nuevas formas de obtención de energía que permitan alcanzar un sistema capaz de abastecer las necesidades básicas energéticas de todas las personas de manera limpia y garantizando un futuro para las generaciones próximas. Así, las tecnologías renovables comienzan su desarrollo como vector clave para la transición energética.

#### 2.1.2 Marco local

España, como país miembro de la Unión Europea, está llevando a cabo un conjunto de proyectos orientados a cumplir con los objetivos propuestos desde la Comisión Europea. Específicamente, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) constituye una guía para alcanzar las metas impuestas de cara al año 2030 e incluye la previsión del futuro escenario energético español, tanto de evolución de tecnologías como de reducción de emisiones. Así mismo, el Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 2030, aprobado en 2018, detalla cada uno de los ODS enmarcándolos a nivel nacional con el fin de crear una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible.

Gracias a este nuevo rumbo que se está tomando, España ha logrado aumentar el porcentaje de energías renovables hasta cubrir un 37,5% de la generación energética a nivel nacional en 2019.

Esta escalada en la implantación de energías renovables ha logrado aumentar al 60% la proporción de fuentes de generación libres de CO<sub>2</sub> en su fase de uso (Red Eléctrica de España, 2019).

La siguiente tabla muestra la potencia instalada en España en 2015 y la estimada para finales de 2020 y 2030. En ella también se indican las emisiones de GEI calculadas a lo largo de dichos años.

POTENCIA INSTALADA	MW	2015	2020*	2030*
No renovable	Con emisiones de CO <sub>2</sub>	48,667	44,066	32,477
	Sin emisiones de CO <sub>2</sub>	13,423	13,423	12,705
Renovable	Fotovoltaica	4,854	9,071	39,181
	Eólica	22,925	28,033	50,333
	Otros	17,304	17,236	26,141
EMISIONES DE GEI	MtCO <sub>2</sub> -eq	335,809	319,312	221,844
*Estimaciones previstas según el escenario del PNIEC				

Tabla 1 Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica en España y emisiones totales de CO<sub>2</sub>. Fuente: PNIEC.

En la Comunidad Valenciana, el porcentaje de generación libre de emisiones en 2019 asciende al 66,5%. Debe tenerse en cuenta que dentro de la generación sin GEI, la energía nuclear supone un 43,7% de la generación dentro de la autonomía (Red Eléctrica de España, 2019).

El sector doméstico constituye un 13% del total de energía final consumida en la Comunidad Valenciana y el sector servicios un 10,4%, repartiéndose el resto entre la industria, el sector transporte y agricultura y pesca (Generalitat Valenciana, 2016). El consumo doméstico depende de las condiciones de la vivienda, no solo su ubicación sino también de qué clase de vivienda se trata, su tamaño y la cantidad de personas que habitan en ella.

## 2.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

En primer lugar, se debe destacar la diferencia que existe entre energías renovables y energías limpias. Si bien es cierto que suelen coincidir, los conceptos son diferentes. La energía renovable es aquella que se obtiene de un recurso que no va a agotarse, bien porque es independiente de si se hace uso de él o no, como la radiación solar y los movimientos de aire, o bien porque se repone a medida que se consume, como la biomasa. Por el contrario, las energías limpias no se definen por el recurso que utilizan sino por el impacto que provoca su uso; una energía limpia es aquella que no provoca emisiones ni residuos a lo largo de su ciclo de vida. Puesto que no existe ninguna tecnología que cumpla con esta última definición, también se aceptan como limpias aquellas cuyo impacto sea mínimo.

Suele hacerse referencia al término de 'energías renovables' -más extendido coloquialmente- pensando que siempre son limpias, aunque esto no sea así. En el presente trabajo, al hablar de energía renovable se busca también un carácter limpio, ya que no solo es necesario asegurar el abastecimiento futuro sino también un compromiso con el medio ambiente y las personas.

A continuación, se describirán las diferentes tecnologías a considerar para la búsqueda de ese sistema que satisfaga los requisitos impuestos.

### 2.2.1 Energía eólica

Se trata de una de las energías renovables más extendidas debido a su grado de madurez. Es, actualmente, la renovable de mayor eficiencia.

Consiste en el aprovechamiento de la energía cinética de las corrientes de aire, que hacen girar las palas de la góndola. Este giro se transforma en energía eléctrica mediante una configuración rotor-estátor del generador.

La configuración más extendida para esta tecnología son los aerogeneradores de tres palas y eje horizontal, normalmente agrupados en los llamados parques eólicos. No obstante, también existe la llamada minieólica, formada por aerogeneradores de baja potencia -inferior a 100kW- y que suele estar destinada a lugares alejados de la red eléctrica.

En el caso de la minieólica para abastecimiento de viviendas, suele usarse también la configuración en eje vertical, ya que funciona sea cual sea la dirección del viento en contraposición a los aerogeneradores de eje horizontal, que deben estar correctamente orientados. Sin embargo, la principal ventaja de esta configuración respecto a los parques eólicos es la disminución de pérdidas de transporte que supone la generación distribuida. Actualmente este tipo de instalaciones suele ser de carácter aislado, debido a que todavía no existe una regulación específica para su conexión a red (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2020).

La complicación a la hora de caracterizar una instalación eólica aparece a la hora de definir el comportamiento del viento. Este problema no solo radica en la gran variabilidad del recurso, tanto en dirección como en intensidad, sino en la alta dependencia que hay entre la potencia dada por el aerogenerador y la velocidad del viento. A la hora de estudiar este recurso, se hace uso de diferentes herramientas que permitan definirlo, como la curva de Weibull para la distribución de velocidades y la rosa de los vientos, que permite conocer la distribución de direcciones del viento.

A continuación, se muestra la ecuación que permite obtener la potencia obtenida por el generador en función de la velocidad del viento. En esta ecuación se puede observar la fuerte dependencia que tiene la potencia de la velocidad del viento. Esta velocidad depende a su vez tanto de la rugosidad del terreno como de la altura a la que queremos situar el aerogenerador, por lo que habrá que aplicar las debidas correcciones para obtener la velocidad real sobre las palas.

$$P_{extraible} = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v_h^3 \cdot C_p \quad (1)$$

*Ecuación 1 Potencia eólica extraíble*

$$v_h = v_0 \left[ \frac{h}{h_0} \right]^\alpha \quad (2)$$

*Ecuación 2 Velocidad del viento en función de la altura*

Siendo:

- La densidad del aire,  $\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ ).
- La superficie del viento barrida por las palas,  $A$  ( $\text{m}^2$ ).
- La velocidad del viento medida inicialmente,  $v_0$  y la calculada según la rugosidad del terreno y la altura de la góndola,  $v_h$  (teniendo en cuenta que  $h$  es la altura real,  $h_0$  la altura del anemómetro y  $\alpha$  el Exponente de Hellman, que depende de la rugosidad del terreno).
- El coeficiente de potencia,  $C_p$ , relación entre la potencia extraíble y la potencia incidente. Esto se debe a que no toda la energía almacenada en el viento puede ser extraída. Idealmente tiene un valor de 0.593.

### 2.2.2 Energía solar fotovoltaica

En las instalaciones de autoconsumo destaca el uso de la energía solar fotovoltaica, que a continuación se describe.

Es una tecnología simple y normalmente fácil de instalar gracias a la adaptabilidad que le proporciona su carácter modular. Se les conoce comúnmente como paneles o placas solares, independientemente del tipo de energía solar a la que se haga referencia.

El principio básico de obtención de esta forma de energía es la producción de electricidad de manera directa a partir de la radiación procedente del sol. Esta electricidad se genera gracias al efecto fotoeléctrico que se produce sobre el silicio que conforma las células fotovoltaicas.

Cada célula fotovoltaica está formada por dos láminas de silicio dopado, entre las cuales aparece una diferencia de tensión al incidir sobre ellas la radiación solar. Puesto que los valores de tensión proporcionados son muy bajos, las células se conectan en serie para aumentar esta tensión formando, junto con las estructuras de protección y soporte mecánico, los módulos fotovoltaicos. La corriente que se genera es continua, por lo que suele ser necesaria la conexión de un inversor para su transformación a corriente alterna.

Para poder caracterizar el comportamiento de estas células fotovoltaicas, se hace uso de su curva intensidad-tensión, donde se puede observar la relación entre ambas variables y también su punto de máxima potencia (PMP).

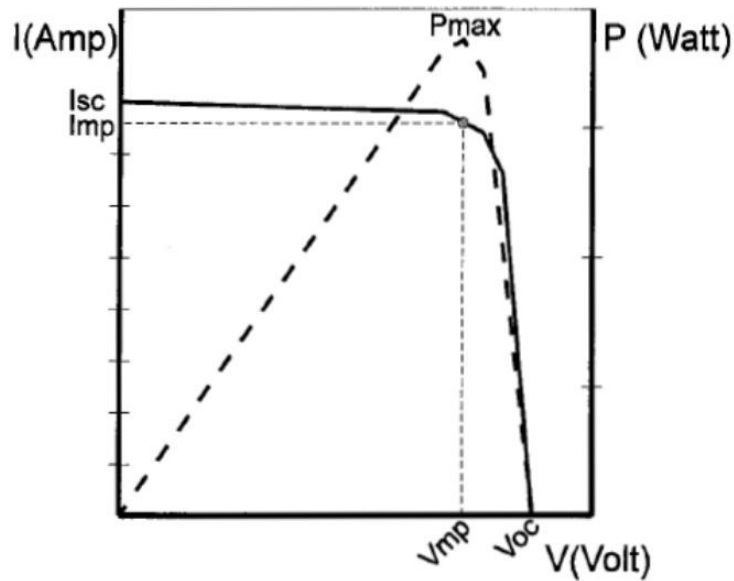


Ilustración 2 Curva I-V con PMP. Fuente: Apuntes de Tecnología Energética.

n este caso,  $I_{sc}$  es la corriente de cortocircuito (a tensión cero) y  $V_{oc}$  es la tensión de circuito abierto (con corriente nula). Cuando el producto entre tensión e intensidad alcanza su valor máximo, obtenemos el punto de máxima potencia, cumpliéndose que:

$$P_{max} = V_{pm} \cdot I_{pm} = (V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF) \quad (3)$$

Ecuación 3 Máxima potencia de una célula fotovoltaica.

Siendo FF el factor de forma, factor corrector de las pérdidas en la célula.

De esta manera, se mide la eficiencia de conversión energética de la célula como el cociente entre la potencia máxima generada y la potencia de la radiación incidente sobre ella,  $P_L$ :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_L} \quad (4)$$

Ecuación 4 Rendimiento de una célula fotovoltaica.

Los factores que caracterizan el nivel de radiación incidente se dividen en geométricos, según el ángulo de incidencia y la distancia al sol, y en climatológicos o atmosféricos, ya que se trata de barreras naturales a la radiación solar como son las nubes o la capa de ozono. El ángulo de incidencia afecta directamente sobre la irradiación (energía solar incidente sobre la superficie), siendo la inclinación óptima aquella que haga coincidir la normal a la superficie con la dirección de la radiación. Para ello, hay que conocer las coordenadas de localización del emplazamiento. Este ángulo también varía en función de la época del año y de la hora del día; sin embargo, las placas de autoconsumo suelen ser fijas, de manera que se establece el ángulo que consiga la mayor radiación total anual. Como cabría esperar, la potencia aumenta con la irradiancia.

En la instalación de los paneles solares, también es importante evitar las sombras. Estas pueden ser calculadas a partir de la trayectoria solar. Una zona con sombra equivale a un punto de no trabajo.

Otro hecho a tener en cuenta es la influencia de la temperatura, al estar las placas en exposición continua a la radiación, es natural la aparición de temperaturas elevadas, lo que puede provocar el sobrecalentamiento de la instalación con sus consecuentes efectos, además, a medida que aumenta la temperatura del panel fotovoltaico, disminuye su eficiencia.

Con todo esto, los datos principales que se deben tener en cuenta a la hora de instalar un panel solar son:

- La irradiación solar sobre la zona estudiada.
- Localización del emplazamiento: la orientación para el hemisferio norte es en dirección sur según el ángulo de acimut, la inclinación óptima suele calcularse como:

$$\text{Inclinación} = 3.1 + \text{latitud} \cdot 0.76 \quad \text{Válido para latitud} \in [25^\circ - 50^\circ] \quad (5)$$

*Ecuación 5 Inclinación óptima de un panel fotovoltaico.*

- Cálculo de sombras, tanto entre las mismas placas como por edificaciones cercanas o vegetación.

### 2.2.3 Bioenergía

La obtención de energía a partir de biomasa ha sido ampliamente utilizada a lo largo de la historia. Se trata de una tecnología fácil de manejar y cuyo recurso está al alcance de todo el mundo puesto que su más extendido método de uso consiste en la combustión de materia orgánica, generalmente madera o paja seca.

Sin embargo, el uso convencional de la biomasa -pequeñas hogueras capaces de calentar viviendas o cocinar alimentos- suele ir acompañado de una elevada cantidad de emisiones. Por esta razón, se han estudiado nuevas formas que permitan aprovechar todo su potencial con un balance de emisiones lo más bajo posible, evitando riesgos directos tanto para las personas como para el medio ambiente.

La biomasa es “cualquier material de origen biológico excluyendo el material embebido en formaciones geológicas y/o fosilizado” (Norma UNE, 2015). Por tanto, hay un gran abanico de medios de obtención del recurso, desde el aprovechamiento de residuos orgánicos hasta la creación de cultivos energéticos.

Sobre la energía procedente de biomasa, caben destacar dos aspectos importantes:

- Se considera energía renovable solo en el caso en que su uso sea menor o igual a su reposición.
- No se considera energía limpia, pues la emisión de gases es inevitable. Sin embargo, teniendo en cuenta absorción de gases que se produce previamente a su conversión en biomasa, sus emisiones se consideran prácticamente neutras y, por tanto, una buena opción para la sustitución de los combustibles fósiles.

Se busca en este trabajo el uso de biomasa como energía renovable y con un uso lo más limpio posible.

La biomasa, al ser almacenable, es una tecnología gestionable a pesar de que su generación sea estacional. Esto supone un muy buen punto a favor frente a otras renovables como la eólica o la fotovoltaica.



En cuanto a eficiencia, es muy dependiente del tipo de biomasa y tecnología que se utilice, especialmente su humedad. Por esta razón, suele ser necesaria una fase previa de secado antes de su uso.

Para calcular la energía extraíble de un combustible, se utiliza el concepto de poder calorífico definido como la “cantidad de energía que se desprende en la combustión completa de un kilogramo de combustible sólido (o líquido)” (Norma UNE, 2015). Las unidades que lo definen según el Sistema Internacional son kJ/kg.

El poder calorífico puede ser superior (bruto) o inferior (neto) en función de si se considera o no la condensación del vapor de agua. Distinguen, a su vez, si se miden en condiciones de humedad o no. Ambos pares de valores se relacionan entre ellos en función de su grado de humedad y porcentaje en peso de hidrógeno que contengan.

Las tecnologías utilizadas para la generación de energía a partir de biomasa son:

- Calderas de combustión.
- Gasificación.
- Digestión anaerobia para la obtención de biogás.
- Obtención de biocarburantes mediante fermentación (bioetanol) o a partir de aceites (biodiésel).

Por tanto, la biomasa permite la generación de energía tanto mediante calor como electricidad o como combustible.

## 2.3 DOCUMENTACIÓN SOBRE EL EMPLAZAMIENTO

### 2.3.1 Localización

Ciutat Fallera es un barrio de Valencia situado al noroeste de la ciudad y que forma parte del distrito de Benicalap, el número 16 de la ciudad de Valencia.

Valencia es una ciudad costera de clima mediterráneo, lo que proporciona temperaturas cálidas entorno a los 18°C y bajas precipitaciones, así como un elevado número de días despejados, que rondan los 93 días anuales (Agencia Estatal de Meteorología, 1981-2010).



Ilustración 3 Localización barrio de Ciutat Fallera. Fuente: Google Maps.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Con 11.650 habitantes por km<sup>2</sup>, Ciutat Fallera cuenta con una densidad de población inferior a la media de 21.075 hab./ km<sup>2</sup> del distrito, pero muy superior a los 8.055 hab./ km<sup>2</sup> de la ciudad. Su población total es de 5.791 habitantes, menos de un 1% de la población total de la ciudad (Padrón Municipal de Habitantes, 2019).

Se trata de un barrio con zonas vulnerables y viviendas de antigüedad. Al igual que el resto de la ciudad, es una zona dedicada mayoritariamente al sector del comercio y los servicios, con un PIB per cápita del distrito un 13,81% menor que la media valenciana (Ayuntamiento de Valencia, 2017).

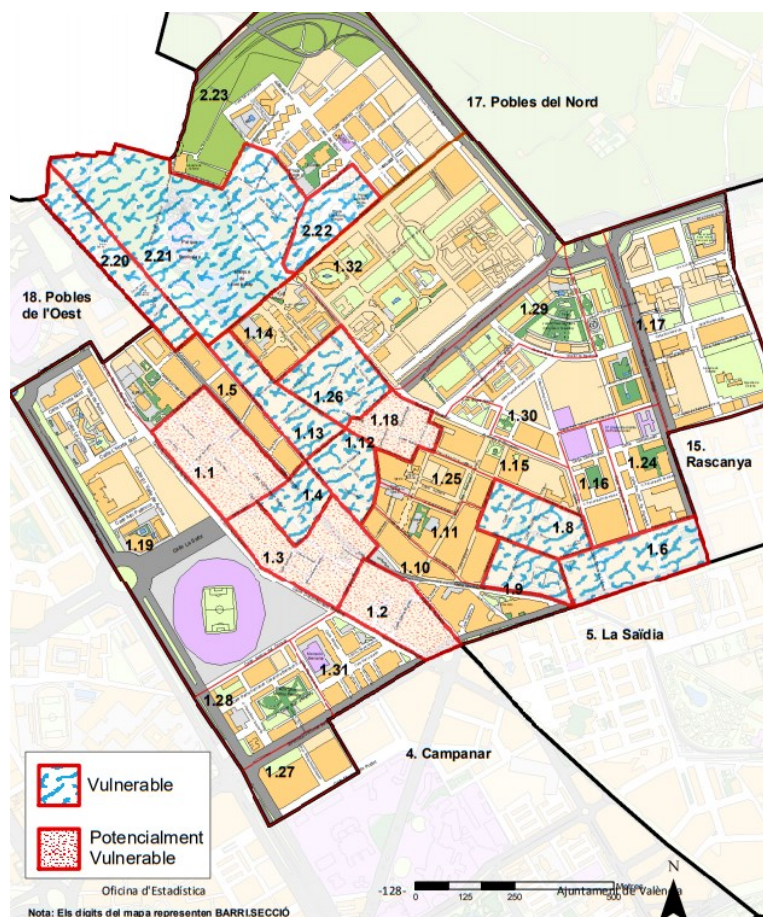


Ilustración 4 Áreas vulnerables y potencialmente vulnerables en el distrito de Benicalap, 2016. Fuente: Oficina de Estadística, Ayuntamiento de Valencia.

El distrito de Benicalap es un núcleo de población que se anexionó a la ciudad durante la segunda mitad del siglo XIX, aunque no es hasta mediados del siglo XX cuando empieza a crecer el número de viviendas. Este crecimiento coincide precisamente con la construcción de los talleres falleros que dan nombre al barrio. En 1983 se creó el parque de Benicalap, uno de los parques más emblemáticos de la ciudad. Las zonas verdes contribuyen a la limpieza del aire de las ciudades además de ser un lugar de encuentro con la naturaleza y entre personas (Ayuntamiento de Valencia, 2014).

Se calculan unas 2.589 viviendas de una superficie media de 79,88m<sup>2</sup> y un valor medio por m<sup>2</sup> de 203,97€ (Catastro de Bienes Inmuebles, 2016).

## 2.3.2 Recursos disponibles

### 2.3.2.1 Recurso eólico

En España, el recurso eólico es uno de los más aprovechados para la generación eléctrica mediante energías renovables. Cuenta con 25.704MW de potencia instalada, lo que supuso en 2019 la generación del 20.8% de la energía consumida. Esto ha logrado la reducción de 28Mton de CO<sub>2</sub> que habrían sido emitidas si se hubiesen utilizado fuentes convencionales (AEE, 2019).

Por esta razón es una tecnología clave para la consecución de los objetivos marcados para 2030. En España se prevé que se duplique la potencia instalada de aquí a 2030 (AEE, 2019).

Concretamente, la Comunidad Valenciana cuenta con 1.189MW de capacidad repartidos en 38 parques eólicos (AEE, 2019).

Al formar parte de la ciudad de Valencia, Ciutat Fallera no cuenta con grandes velocidades de viento, lo que supone un potencial bajo en comparación con la media española, pero igualmente suficiente como para ser aprovechable. Esto se debe a que en las zonas urbanas el viento disminuye debido al obstáculo que implican las propias edificaciones, además esto provoca una mayor variabilidad del recurso. Sin embargo, se ha decidido incluir la posibilidad de implantar esta tecnología por dos motivos:

Primero que, a nivel social, la implantación de aerogeneradores sirve como modelo de avance y modernización, así como de concienciación e implicación en el ámbito de las energías renovables y con ello del medio ambiente. Un aerogenerador es mucho más visible y llamativo que los paneles fotovoltaicos.

En segundo lugar, que el barrio cuenta con solares y tejados donde poder implantar esta tecnología. Adicionalmente, teniendo en cuenta que se trata de un barrio situado en los lindes de la ciudad y que hace frontera con los huertos, el viento tiene un menor índice de obstáculos que si del centro de la ciudad se tratase.

Por último, se quiere remarcar que la inclusión de este recurso es compleja no solo debido a su bajo potencial sino también por su poco desarrollo a nivel regulatorio. Así como el aprovechamiento del recurso eólico en España es el sistema predominante de generación renovable, su uso a pequeña escala, también llamado mini eólica, está poco desarrollado y su instalación aún sin definir por la normativa.

Para la obtención la información necesaria en la definición del recurso eólico en Ciutat Fallera, se han tenido en cuenta valores de mediciones *in situ* a lo largo del año 2019 y hasta mayo de 2020 tanto en la Plaza de Regino Más como en el descampado de la Calle Andreu Alfaro ('Bosquete' en adelante) y también las mediciones tomadas en la estación meteorológica de Viveros.

Las mediciones *in situ* han sido realizadas por dos medidores situados a tres metros de altura del suelo. A pesar de que el viento varía no solo en el tiempo sino también en el espacio, se ha decidido compararlas con la estación de viveros para comprobar que los valores resultantes son de un orden de magnitud válido y que, por tanto, no hay valores erróneos en las mediciones tomadas. Esto es de gran importancia ya que debe tenerse en cuenta que los medidores dan valores a lo largo de apenas año y medio, lo que podría dar lugar a un resultado alterado respecto de los valores normales en caso de haberse dado una época comportamientos

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

meteorológicos inusuales. En el análisis de resultados, se han buscado y eliminado posibles valores anómalos, asegurando un correcto valor de los resultados finales.

Una vez analizados todos los valores -diarios en caso de las mediciones *in situ* y valores medios mensuales entre 2015 y 2019 para la estación de Viveros- se han comparado los resultados comprobando su coherencia. En la gráfica que a continuación se muestra, aparecen los resultados calculados para una altura de once metros:

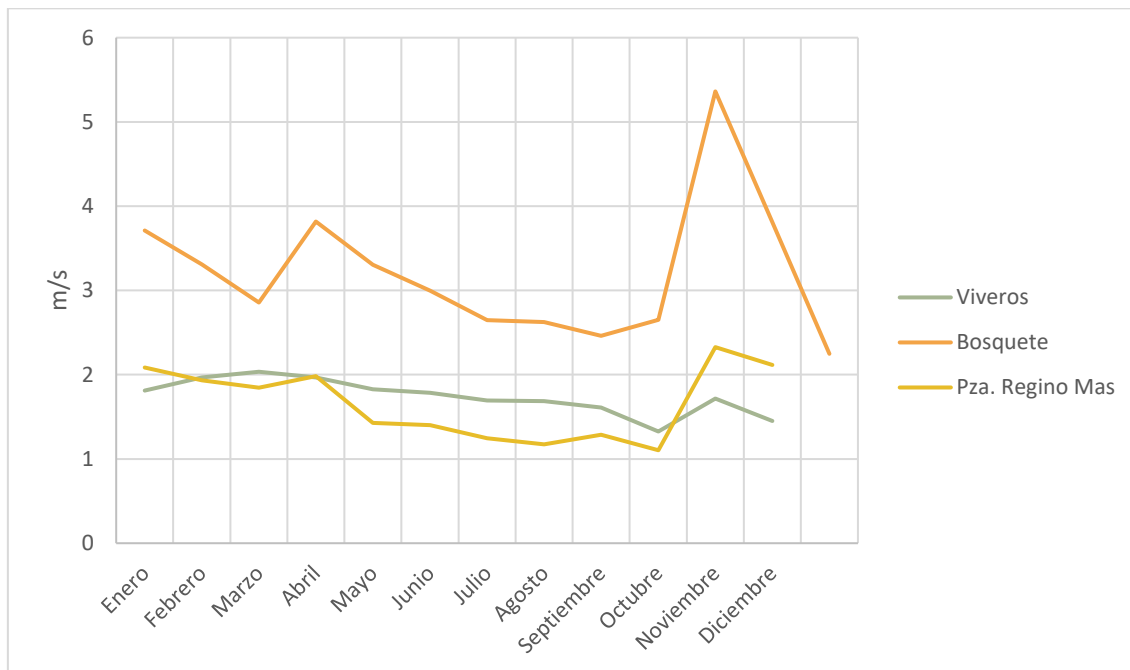


Tabla 2 Comparación de medidas de la velocidad media mensual del viento. Fuentes: Datos Clima y Elaboración propia.

Gracias a este gráfico, se puede observar tanto la relación entre las dos mediciones de Ciutat Fallera como entre éstas y las realizadas en Viveros. Comparando los tres valores, se observa que en el 'Bosquete' hay mayores velocidades de viento -probablemente debido a su situación geográfica, en los lindes de la ciudad- pero que la distribución de los valores sigue cierta similitud con los otros dos puntos, destacando un repunte en el mes de noviembre y vientos más calmados durante los meses de verano.

Tras el análisis de las mediciones experimentales realizadas, a pesar de su corto periodo de cobertura, se consideran válidas para la realización del presente trabajo.

La velocidad de viento a considerar es la del medidor del 'Bosquete' ya que el/los aerogeneradores se implantarán bien en esa zona o bien sobre los tejados de los edificios, donde el índice de obstáculos también es menor que en la Plaza de Regino Más, situada en el interior del barrio y entre edificios.

A continuación, se muestran las velocidades medias mensuales calculadas en el 'Bosquete':

Velocidad del viento (m/s) a 3m de altura					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
0,75	0,68	0,70	0,78	0,52	0,77
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0,70	0,69	0,66	0,70	1,43	0,98

Tabla 3 Velocidad del viento en Ciutat Fallera

Para el cálculo de la variación de la velocidad con la altura se ha dado al Exponente de Hellman un valor igual a la unidad.

### 2.3.2.2 Recurso solar

El recurso solar es clave para las renovables en España al ser este uno de los países más soleados de la Europa y estando dotado del mayor valor de radiación sobre una superficie horizontal. Concretamente, la provincia de Valencia cuenta con 2630 horas de sol anuales, lo que supone una media de 1550kWh/m<sup>2</sup> de radiación global horizontal al año (IDAE, 2006).

Según los datos de la Red Eléctrica de España, en 2019 la solar fotovoltaica ha aumentado un 66% respecto a 2018, sumando una potencia total instalada de más de 7.800MW. Solo en el municipio de Valencia hay más de 5MW de potencia instalada (Red Eléctrica de España, 2020).

Ciutat Fallera goza de una irradiación considerablemente alta, por lo que el aprovechamiento del recurso solar puede ser clave para la consecución del objetivo de abastecimiento mediante renovables. Goza, además de edificios de alturas semejantes y techos planos, lo que minimiza sombras, dando lugar a una gran superficie potencialmente válida para la instalación de paneles fotovoltaicos.

Para la determinación del recurso solar disponible se ha contado con los valores de radiación obtenidos de la base de datos de ADRASE y además con datos reales medidos *in situ* a lo largo del año 2019 y parte del 2020. Estos datos experimentales pertenecen a dos medidores -mencionados anteriormente- situados en Ciutat fallera y que recogieron datos tanto de temperatura y humedad como de radiación solar y velocidad del viento desde enero de 2019 hasta abril de 2020.

El resultado ha sido un claro aumento de la radiación durante los meses de verano respecto a los más fríos. Los siguientes gráficos muestran los resultados de las mediciones experimentales y los valores obtenidos de ADRASE:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

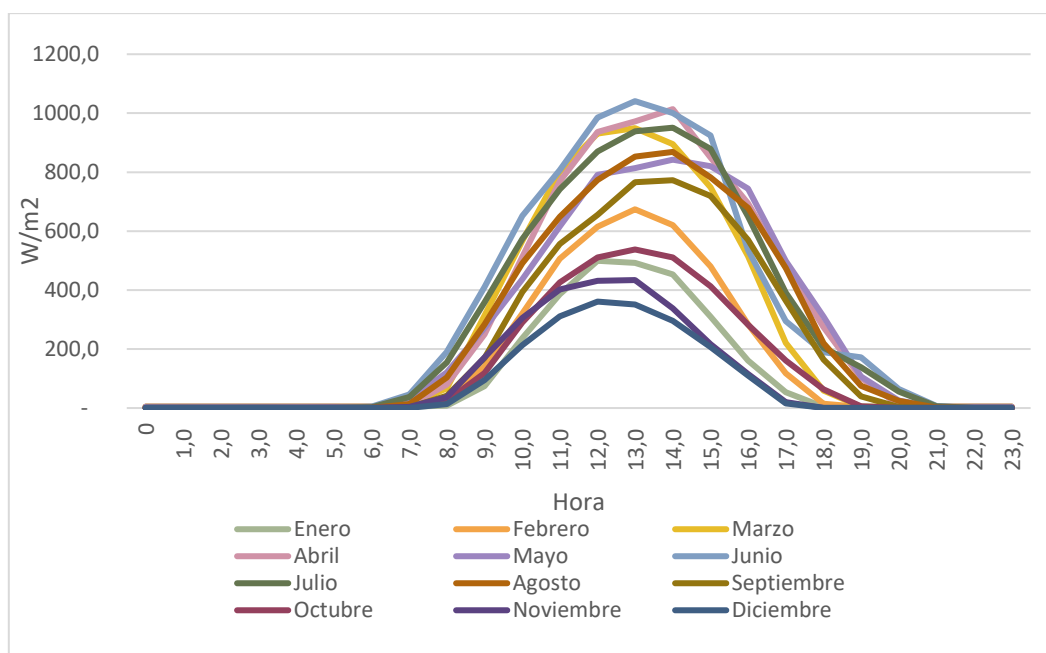


Ilustración 5 Evolución de la irradiancia horaria media mensual durante el año 2019. Mediciones experimentales.

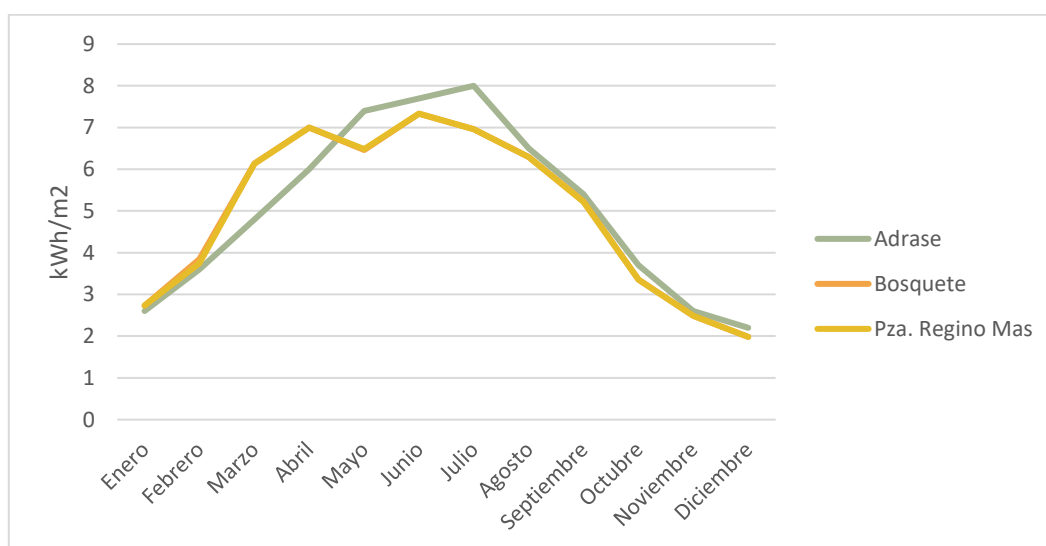


Ilustración 6 Evolución de la irradiación media diaria mensual. Mediciones experimentales (año 2019) y base de datos de ADRASE.

El objetivo de esta comparación es asegurar la validez de las mediciones obtenidas de ADRASE, una vez comprobado su grado de ajuste a los valores reales, los valores de ADRASE -basados en más de diez años de mediciones- serán los utilizados para los cálculos de presente trabajo.

La tabla siguiente muestra los valores medios de irradiación solar diaria medida en plano horizontal:

Irradiación solar diaria sobre plano horizontal (kWh/m <sup>2</sup> )					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
2,60	3,50	4,80	6,00	7,40	7,80
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8,00	6,50	5,40	3,70	2,60	2,20

Tabla 4 Irradiación solar en Benicalap. Fuente: ADRASE.

Con unas coordenadas son 39° 45' de norte y -38' de longitud oeste, la inclinación óptima de los paneles solares en Valencia -calculada a partir de la fórmula descrita en el subapartado 2.2.2 'Energía solar fotovoltaica'- es de 33° este ángulo permitirá obtener la máxima radiación anual posible para una instalación fija. La orientación debe ser sur.

### 2.3.2.3 *Biomasa*

Se ha decidido considerar la biomasa debido a la gran cantidad de recurso del que goza España como tercer país de Europa en cuanto a cantidad de biomasa, independientemente del tipo (forestal, agrícola, ganadera, industrial y doméstica) (Bioplat, 2014).

A lo largo del año 2018, del total de energía final en España, la bioenergía supuso un 6,77%, estando dividida entre biomasa, biogás, biocarburantes y residuos sólidos urbanos (R.S.U.) renovables (IDAE, 2020).

Dentro de la Comunidad Valenciana destaca el Plan Integral de Fomento de la Biomasa Residual Agrícola y Forestal para Uso Térmico. El estudio considera únicamente la biomasa aprovechable de manera sostenible. Calcula 204.655 toneladas al año de biomasa forestal potencial. En el terreno agrícola la cantidad es mucho mayor, llegando a superar las 800.000 toneladas al año considerando únicamente los restos leñosos de cultivos de cítricos, olivos, almendros y viña, siendo este último el de mayor coeficiente de producción por superficie (Generalitat Valenciana, 2016).

En el municipio de Valencia hay tres instalaciones de aprovechamiento de la bioenergía que suman una potencia total de 4,655MW (Red Eléctrica de España, 2020). Sin embargo, las instalaciones de aprovechamiento de la biomasa son eficientes cuando se aprovecha su energía térmica, ya sea únicamente para la consecución de esta forma de energía como para su aprovechamiento en cogeneración (caso general de las grandes instalaciones).

La bioenergía para uso únicamente eléctrico puede verse en el caso del uso de biocarburantes, biogás y syngas. Los biocarburantes proceden de aceites vegetales (o grasas animales) en el caso de ser biodiésel y de la fermentación de medios azucarados (como son los almidones) en el caso del bioetanol. El biogás procede de la digestión anaerobia de residuos orgánicos. El syngas procede de la gasificación de la biomasa mediante su transformación termoquímica (Apuntes de Introducción a las Energías Renovables, 2020).

Teniendo en cuenta las formas de obtención de bioenergía anteriores, se ha considerado el gasificador como tecnología más adecuada para su implantación a nivel local. Sin embargo, el mercado ofrece gasificadores de baja eficiencia eléctrica y baja rentabilidad en el caso de no aprovechar la energía térmica que se genera durante el proceso termoquímico de obtención del syngas. Esta es la razón por la que finalmente y tras la realización de unos primeros cálculos aproximativos en el software HOMER, se ha descartado el uso de este recurso a pesar de la abundancia del mismo en la zona.

Hay que añadir que parte de este recurso ya es utilizado, no solo en el municipio de Valencia sino en muchos otros a lo largo de la Comunidad Valenciana, entre los que destacan Alcora (Castellón), que cuenta con 17 instalaciones entre cogeneración, residuos y biomasa/biogás sumando un total de 100,89MW y Cartagena (Murcia), con 230,96MW (Red Eléctrica de España, 2020). La energía generada en estas instalaciones puede ser comprada, pero en ese caso dejaría de tratarse de un recurso de origen estrictamente local.

## **CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

### 3.1 ANÁLISIS DEL ESCENARIO ENERGÉTICO

Un paso necesario para el cálculo del sistema energético a implantar en Ciutat Fallera es conocer su demanda a lo largo del año. Una vez conocida, se podrá proceder al cálculo de aquel sistema capaz de abastecerla.

La zona seleccionada para la realización del presente proyecto se muestra a continuación:



*Ilustración 7 Superficie estudio. Fuente: Google Earth.*

Donde la zona marcada en rojo es el barrio de Ciutat Fallera en su totalidad y la zona delimitada en blanco determina la sección estudiada.

Al ser una sección de un barrio, no hay suficientes datos específicos a cerca de la cantidad de energía demandada por sus habitantes. Sin embargo, es posible realizar un cálculo aproximado partiendo de información pública y estadísticas.

Así, los datos que se han recogido como base necesaria para este análisis, han sido los que a continuación se detallan:



- **Valores del padrón:** número total de personas que viven en Ciutat Fallera.
- **Valores catastrales:** antigüedad, número y superficie de las viviendas.
- **Datos estadísticos de la Red Eléctrica de España:** curvas de variación de la carga a lo largo del día tanto de los diferentes puntos de consumo de las viviendas como la evolución general a lo largo del año. También se detalla la evolución de la demanda horaria y mensual del consumo de diferentes tipos de comercios (alimentación, restauración y pequeño comercio). Estas curvas se dan como coeficientes de variación a lo largo del tiempo respecto al consumo total o medio a lo largo del periodo correspondiente.
- **Datos estadísticos a cerca del modelo de consumo nacional:** consumo medio diario en un hogar español y distribución de la carga entre los diferentes electrodomésticos y otros consumos.
- **Información del proyecto PYME Energy CheckUp:** consumos energéticos medios por superficie de empresas como comercios, hoteles y restauración.
- **Guía de la comunidad de Madrid sobre el ahorro energético en residencias y centros de día:** curva de demanda eléctrica media a lo largo del año.
- **Información municipal:** consumo del alumbrado público
- **Valores climatológicos:** evolución de la temperatura local a lo largo del año. Mediciones experimentales *in situ*.
- **Código técnico de la edificación (CTE):** acondicionamiento en edificios residenciales privados.

Obtenida esta información, se procede al cálculo. El método seleccionado, por su relación entre simplicidad, exactitud y disponibilidad de datos ha sido el siguiente:

Se ha desglosado el cálculo de manera que se han estimado por separado las demandas públicas, residenciales y comerciales.

Se ha partido del siguiente modelo aproximativo: en la zona estudio hay un total de mil cuatrocientas noventa y seis viviendas, cuatro comercios de alimentación -un supermercado y tres comercios locales-, diez bares y/o restaurantes, cuatro pequeños comercios y una residencia de ancianos, así como las instalaciones de alumbrado público.

### 3.1.1 Demanda del sector residencial

El cálculo de la demanda en el sector residencial se ha calculado bajo los siguientes supuestos:

- Cada casa tiene únicamente un televisor u ordenador, ya que es una zona vulnerable y no se trata de servicios de primera necesidad.
- La cocina y el horno funcionan de manera eléctrica. Se ha querido calcular así debido a la tendencia de sustitución del gas por electricidad.
- No se ha considerado el consumo del Agua Caliente Sanitaria (ACS) debido a que suele proceder más comúnmente de calderas de combustión.
- El resto de los puntos de consumo los constituyen la lavadora, frigorífico y lavavajillas, la iluminación y el standby. Se ha contado también con un punto que tiene en cuenta otros posibles consumos a parte de los ya mencionados (carga de móviles, plancha, etc.) y que se ha nombrado como 'otros electrodomésticos'. El principal punto de consumo es la climatización, considerada como eléctrica.

El consumo de electricidad media diaria en una vivienda española se sitúa en torno a los 9,55kWh (no incluyendo climatización), el mayor o menor consumo depende de diversos

factores como el tipo de vivienda, su localización o los puntos de consumo (IDAE, 2011). Para una vivienda tipo que siga los puntos anteriores, esta energía se distribuye según la siguiente tabla:

Consumos eléctricos en una vivienda tipo (kWh) de la zona estudio				
Lavadora	Lavavajillas	Frigorífico	Congelador	Standby
0.73	0.34	1.85	0.22	0.68
TV/Ordenador	Iluminación	Cocina eléctrica	Horno eléctrico	Otros electrodomésticos
1.16	1.14	1.77	0.50	0.25

Tabla 5 Consumos eléctricos diarios en una vivienda tipo de la zona.

Esta tabla no incluye la climatización, al ser altamente dependiente de las características de la vivienda y su emplazamiento. El consumo total es ligeramente menor que la media española por tratarse de una zona con un PIB per cápita también por debajo de la media y situada en clima mediterráneo, donde el consumo medio de los hogares es menor.

En el resto del presente documento, cuando se hace referencia al frigorífico, se incluye también el consumo del congelador, ya que comúnmente ambos aparatos van unidos.

A lo largo del año, el coeficiente de variabilidad de la demanda estacional es:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
140%	132%	115%	94%	79%	78%	76%	71%	77%	87%	111%	140%

Tabla 6 Variación media anual de los consumos en el sector residencial. Fuente: INDEL

Esta tabla, solo se aplica al consumo de la iluminación. Así, y teniendo en cuenta el consumo medio diario establecido y la curva de variación horaria facilitada por INDEL, se obtiene la variación del consumo horario para un día típico de cada mes. El siguiente gráfico muestra la variación media horaria de la demanda tanto en invierno como durante los meses de verano.

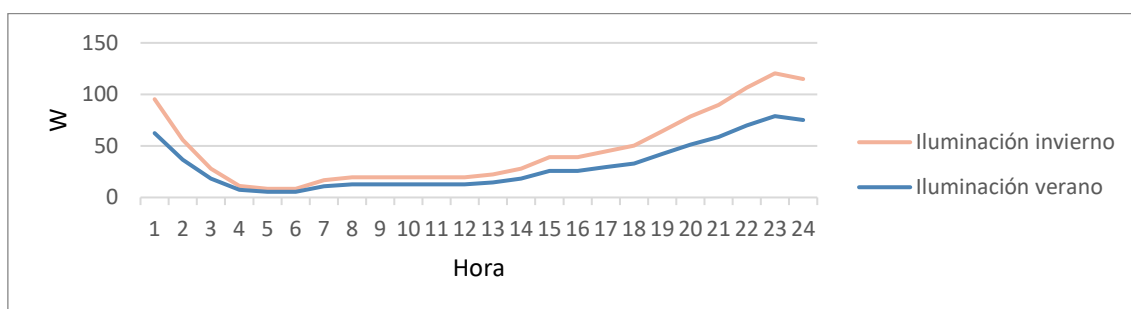


Ilustración 8 Consumo horario de la iluminación.

La variación anual del consumo en el resto de los puntos de consumo es la siguiente:

- **Lavadora, lavavajillas, frigorífico y standby:** curva de consumo para un día típico de laborable y festivo, tanto de verano como de invierno. Esta curva se ha calculado en base al consumo total diario típico de cada punto -ya mencionado- y a las curvas de

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

variación horaria recogidas del SPAHOUSEC. Estas curvas distinguen entre días laborables y festivos tanto de invierno como de verano. En ellas se puede observar que el lavavajillas suele ponerse después de las comidas y cenas, la nevera durante las tres principales comidas, que la hora más frecuente de uso de la lavadora es a las 11h y cómo el consumo del standby aumenta por las noches, cuando no suele usarse ningún aparato eléctrico (véanse las gráficas que se muestran más adelante).

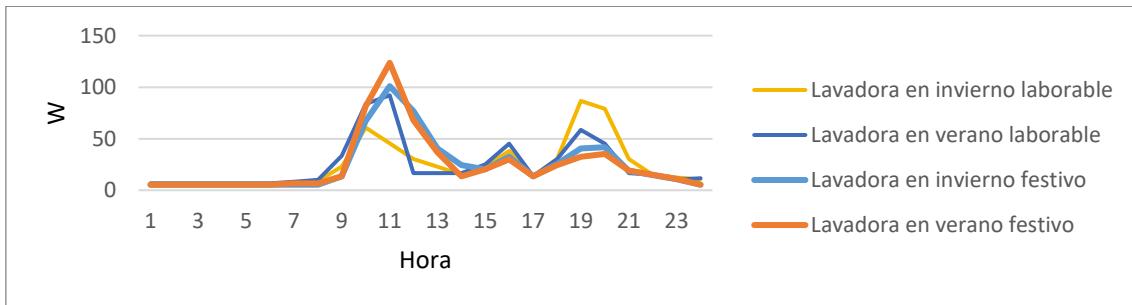


Ilustración 9 Consumo horario de la lavadora. Fuente: SPAHOUSEC.

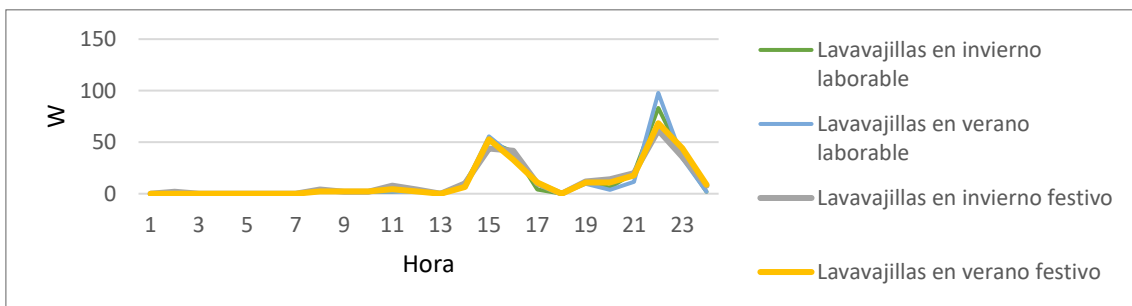


Ilustración 10 Consumo horario del lavavajillas. Fuente: SPAHOUSEC.

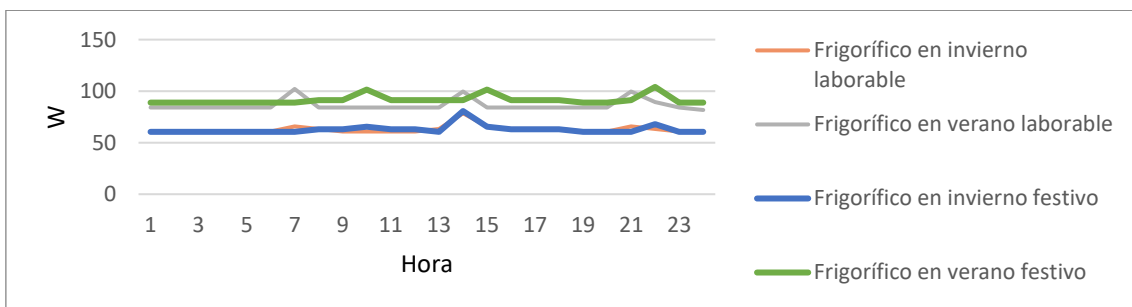


Ilustración 11 Consumo horario del frigorífico. Fuente: SPAHOUSEC.

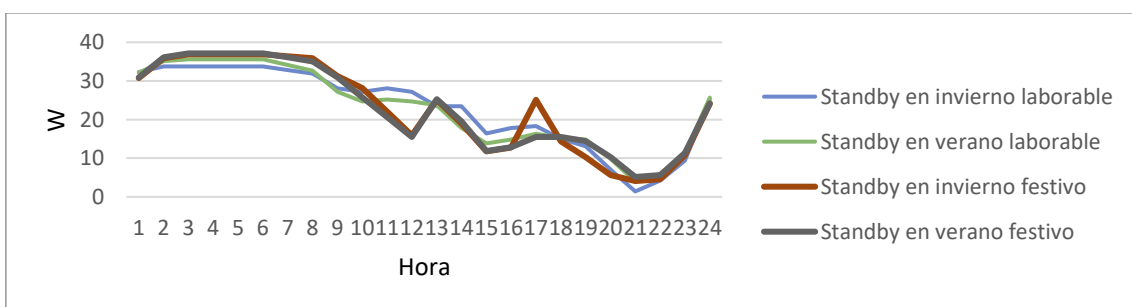


Ilustración 12 Consumo horario del standby. Fuente: SPAHOUSEC.

- **Cocina, horno eléctrico, televisión y ordenadores y el resto de los electrodomésticos:** el consumo se considera independiente del día del año. La curva de demanda se ha calculado, igual que en el caso anterior, en base al consumo total diario típico de cada punto y a las curvas de variación horaria recogidas del proyecto INDEL. En este caso sólo se muestra una curva para cada consumo a lo largo del año. Por esta razón se han supuesto independientes del día del año. También porque se trata de variaciones poco determinantes en el cálculo final. Obviamente, la cocina y el horno aumentan su consumo durante las comidas. El uso de la televisión y ordenadores aumenta durante las horas de ocio o descanso (después de comer y antes de las cenas, también durante el desayuno, comida y cena). El consumo del 'resto de electrodomésticos' se ha considerado constante al tratarse de consumos desconocidos y variables.

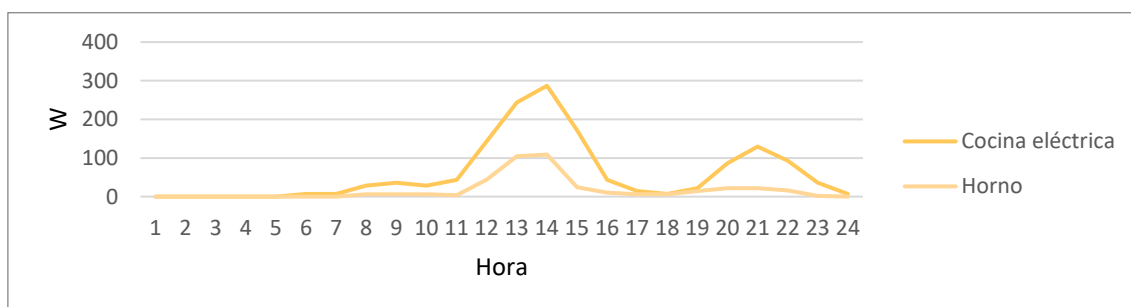


Ilustración 13 Consumo horario de la cocina eléctrica y el horno. Fuente: INDEL.

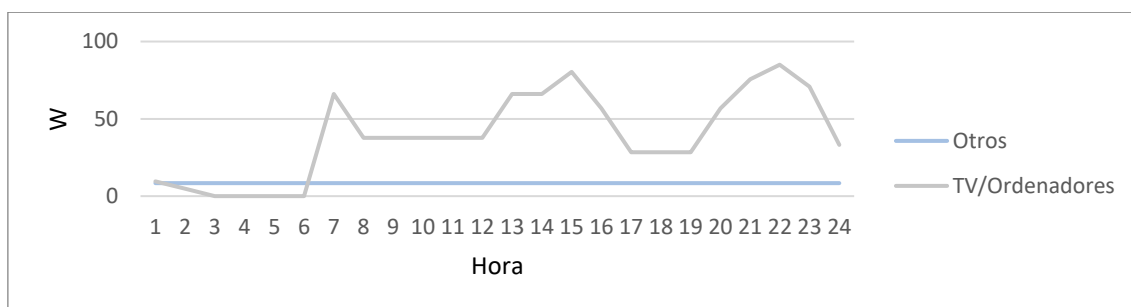


Ilustración 14 Consumo horario de la televisión y ordenadores y 'otros electrodomésticos'. Fuente: INDEL.

- **Climatización:** el uso de la calefacción y la refrigeración depende de la evolución anual de las temperaturas, conocidas por medio de mediciones experimentales.

El cálculo del consumo de la climatización sigue unas pautas diferentes a las del resto de consumos. El procedimiento se basa en la variación de las temperaturas en la zona. Como ya se ha comentado, se conoce la evolución horaria anual de la temperatura gracias a valores de mediciones experimentales. Se considera que el uso de la climatización está fuertemente ligado tanto al clima como a la envolvente de la vivienda.

El CTE establece las temperaturas encendido de la climatización que logran una mejor combinación entre ahorro y confort de los habitantes en el sector residencial privado.

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

<b>Calefacción</b>	
Octubre-Mayo	
7h-22.59h	20
23h-6.59h	17

Tabla 7 Límites de encendido de la calefacción residencial. Fuente: Código Técnico.

<b>Refrigeración</b>	
Junio-Septiembre	
7h-14.59h	Apagado
15h-22.59h	25
23h-6.59h	17

Tabla 8 Límites de encendido de la refrigeración residencial. Fuente: Código Técnico.

Para el cálculo de la evolución del consumo de la climatización se han tenido en cuenta la evolución de las temperaturas en la zona y el consumo medio anual que supone la climatización.

Las temperaturas han sido obtenidas a partir de mediciones experimentales *in situ* realizadas a lo largo del año 2019, a partir de ellas se ha definido la evolución horaria de la temperatura a lo largo de un día típico de cada mes. El consumo anual de la climatización es el consumo típico correspondiente a una vivienda principal en situación de pobreza energética. A pesar de que la vulnerabilidad de la zona no es extremadamente alta, se ha querido considerar así debido a que el valor hace referencia a la media nacional y Valencia se sitúa en una zona climática donde las temperaturas suelen tener valores medios, lo que reduce el consumo en climatización.

El consumo anual considerado es de 1.156kWh/año (Cuchí, Arcas-Abella, & Pagès-Ramon, 2017).

El cálculo del consumo se realizará conociendo las horas anuales de encendido y el número de grados por encima o debajo del punto de encendido de la refrigeración y calefacción, respectivamente. La energía anual consumida se distribuirá proporcionalmente en función de estos parámetros.

Para el cálculo de la evolución temporal del consumo se han seguido los siguientes pasos:

- I. Cálculo del número de grados por debajo del punto de encendido de la calefacción en invierno y por encima en verano, según los datos del CTE.
- II. Para un día medio de cada mes, evolución horaria del consumo en base al número de grados por debajo o encima del punto de encendido. Valor horario porcentual del número de grados sobre el número de grados totales.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

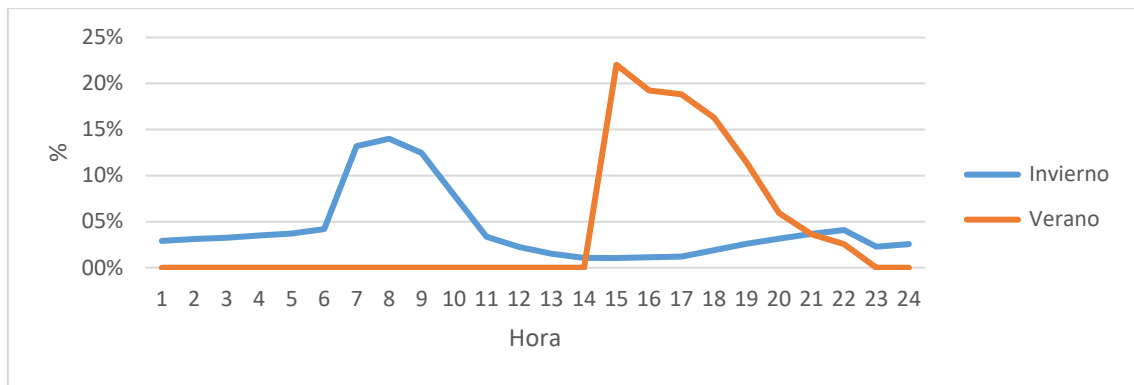


Ilustración 15 Consumo horario de la climatización sobre el consumo total diario.

III. Para cada mes, evolución estacionaria del uso de calefacción y refrigeración. Valor mensual porcentual del número de grados sobre el número de grados totales.

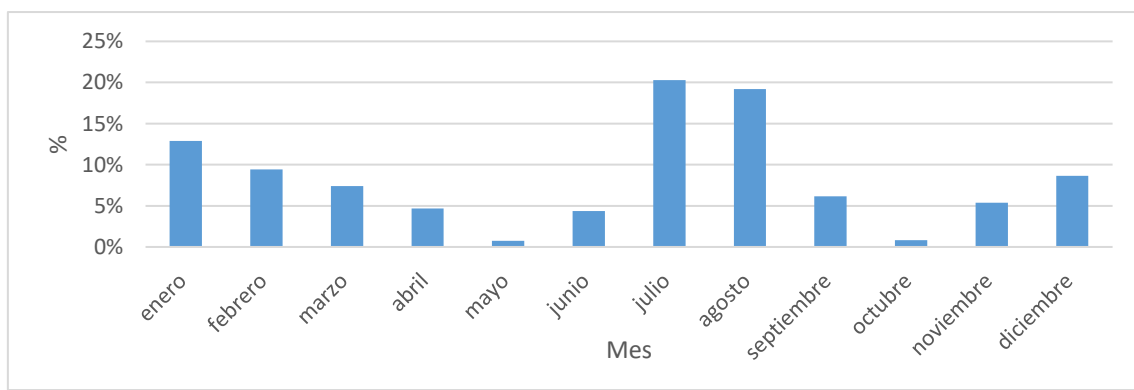


Ilustración 16 Consumo mensual de la climatización sobre el consumo total anual.

IV. Cruzando las curvas horarias y mensuales, y multiplicando estos valores por el consumo total anual, se obtiene finalmente la variación de la energía consumida a lo largo de un día medio de cada mes.

El resultado obtenido es, para un día medio de invierno y otro de verano y para la media mensual a lo largo del año, respectivamente:

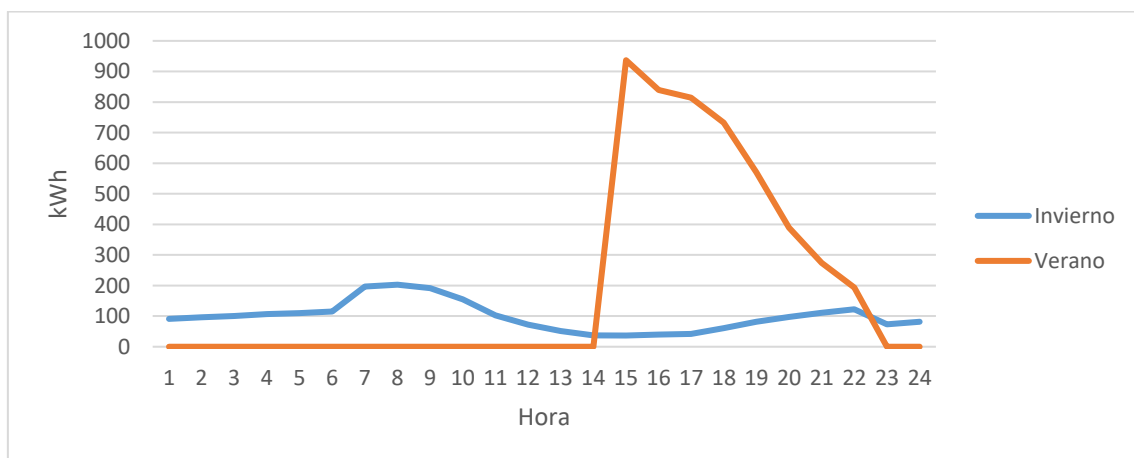


Ilustración 17 Consumo diario de la climatización residencial.

En este gráfico se puede observar como el pico de demanda que se produce a mediodía durante los meses de verano llega casi hasta 1kW de potencia, cuando coinciden las horas de bochorno con las de llegada a casa para comer y, tras ello, dedicar unas horas al descanso, por lo que suele buscarse el confort térmico. Antes de ello, no hay consumo debido a los horarios propuestos por el CTE antes descritos.

La demanda de la calefacción es más estable, en este caso se mantiene encendida a lo largo de todas o casi todas las horas, aunque con un menor consumo (ya que el clima mediterráneo del que se goza en Ciutat Fallera favorece un invierno más cálido que en otras zonas). Al contrario que en verano, donde por la noche la bajada de las temperaturas permite apagar la climatización, en invierno la calefacción suele mantenerse durante las horas de sueño.

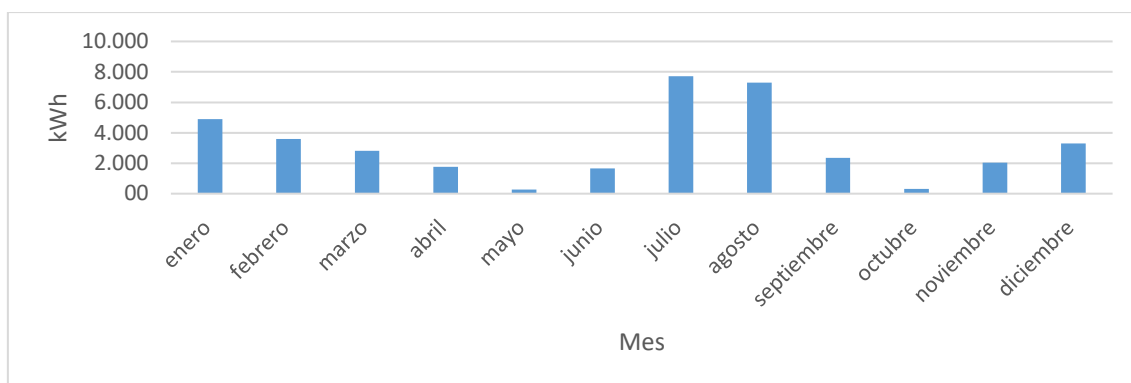


Ilustración 18 Consumo mensual de la climatización residencial.

Puede comprobarse en esta gráfica el pico de consumo de julio y agosto, donde las temperaturas llegan a superar los 30°C. Durante estos meses, el consumo de la refrigeración puede llegar a superar incluso al resto de consumos de la vivienda. La primavera y el otoño suelen gozar de temperaturas más agradables, por lo que disminuye el uso de la climatización.

Finalmente, calculados todos los valores de evolución de la energía demandada por cada uno de los puntos de consumo, se han realizado gráficos que permiten ver de manera rápida la evolución de la demanda agregada tanto a lo largo de las horas del día como de los meses del año.

- Evolución horaria total de una vivienda tipo en un día laborable de invierno y uno de verano, respectivamente:

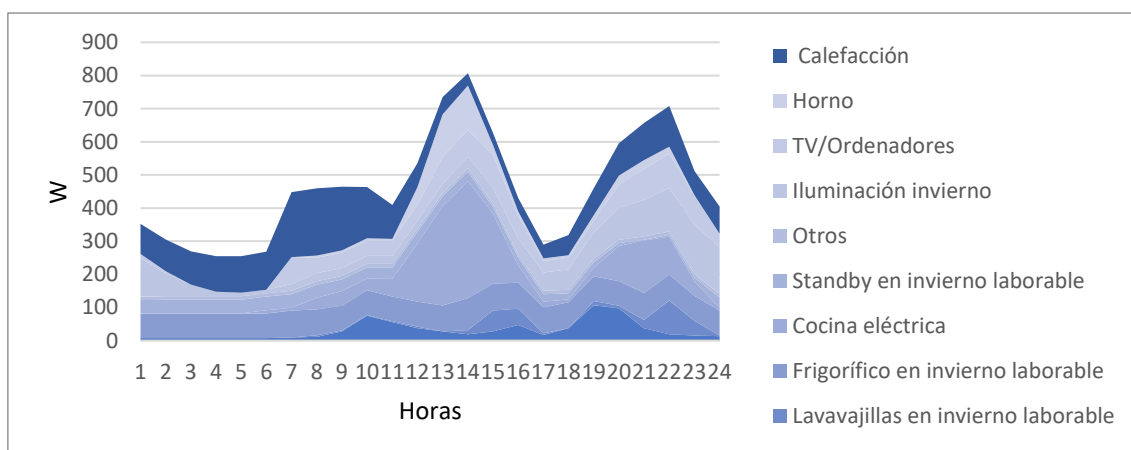


Ilustración 19 Evolución del consumo horario en una vivienda tipo (día laborable de invierno).

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

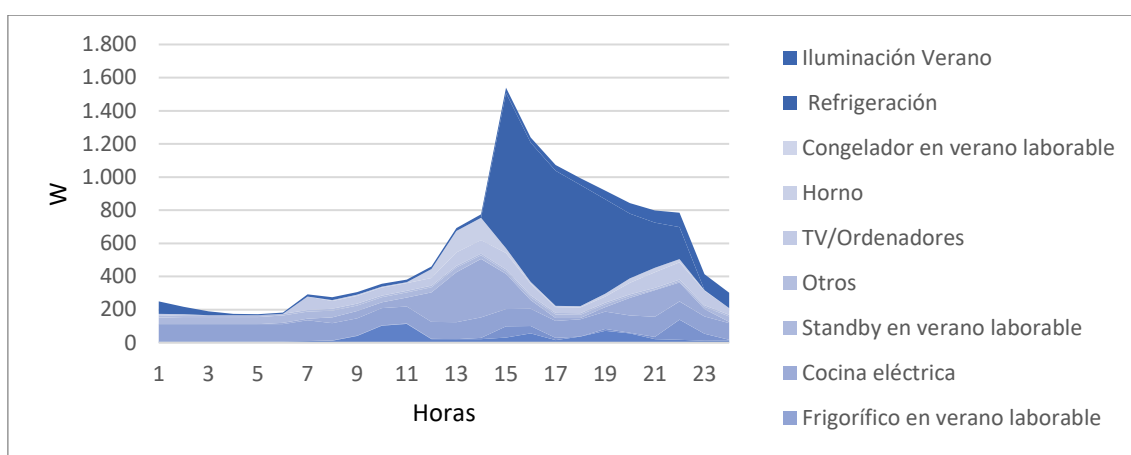


Ilustración 20 Evolución del consumo horario en una vivienda tipo (día laborable de verano).

- Evolución de la demanda total residencial para un día tipo de cada mes:

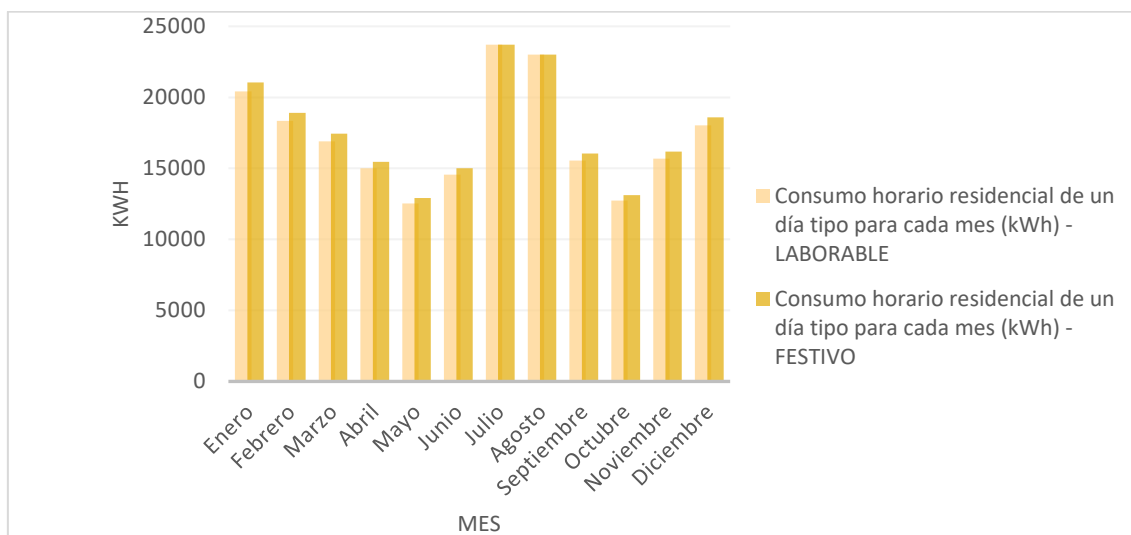


Ilustración 21 Consumo diario para cada mes del sector residencial en la zona estudio.

Con el fin de hacer distinción entre días festivos y laborables -a pesar de que en algunos de los electrodomésticos esto ya se ha tenido en cuenta-, una vez realizados los cálculos de la demanda total, ésta se ha multiplicado por un coeficiente de valor 0,991 para los días de diario y 1,022 en fines de semana.

Este coeficiente se ha calculado a partir de la información acerca de la influencia de la laboralidad definida en el proyecto INDEL, según la cual la relación es la siguiente:

Influencia de la laboralidad*	
Laborable	0,96
Sábado	1,00
Domingo	0,98

\*Esta influencia desaparece durante los meses de julio y agosto.

Tabla 9 Coeficientes de laboralidad de la demanda residencial. Fuente: INDEL.



Conociendo la relación entre los coeficientes de laboralidad, que la proporción anual entre el número de sábados, domingo y días laborables se quiere mantener constante y que al aplicar los coeficientes se desea que el resultado final no varíe respecto al calculado inicialmente, se han modificado estos valores mediante la resolución de una pequeña ecuación. El valor final calculado para los fines de semana es la media entre el valor resultante para los sábados y para los domingos.

### 3.1.2 Demanda del sector servicios

Para el cálculo de la demanda en el sector servicios se han utilizado curvas de variación media de demanda horaria y mensual a lo largo de un año e información sobre los consumos medios anuales en función de la superficie ocupada. Se considera que todos ellos están provistos de climatización y, por tanto, el consumo varía mucho en función de su tamaño.

El resultado de la variación anual calculada para estos establecimientos se muestra a continuación:

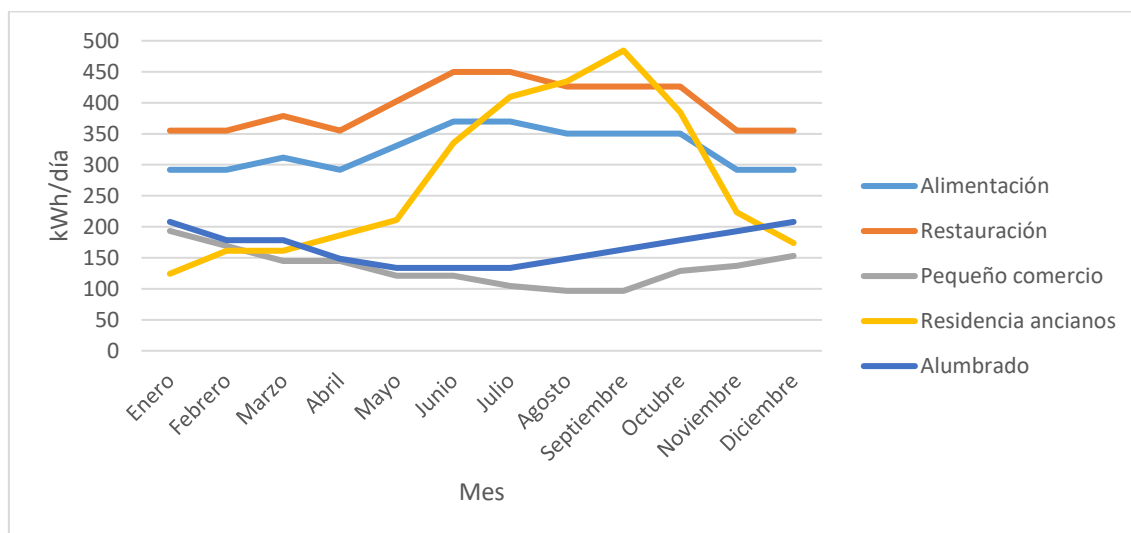


Ilustración 22 Evolución anual de la demanda del sector servicios.

Como se puede observar, el aire acondicionado provoca un repunte en el gasto durante los calurosos meses de verano. Esto no parece afectar en el caso de los pequeños comercios debido a que su actividad suele reducirse durante estas fechas. También el alumbrado disminuye su consumo en verano debido a que aumentan las horas de luz y, por tanto, se reducen las horas de encendido.

El cálculo de la demanda en los locales de los diferentes servicios se realiza del mismo modo. En el proyecto INDEL aparecen las gráficas de variación de la demanda tanto a lo largo de cada hora del día como a lo largo de los meses. Estas gráficas se dan en forma de porcentaje como el consumo de cada hora sobre el total diario y, en el caso de la evolución mensual, las curvas se han obtenido en base a las curvas de estacionalidad también dadas como el porcentaje del consumo total sobre el total anual. Cruzando estas gráficas se puede obtener el consumo a lo largo de un día medio de cada uno de los meses del año, también como porcentaje del consumo diario total. Una vez calculadas estas tablas simplemente es necesario multiplicarlas por el valor de la energía media diaria demandada.

El procedimiento de cálculo tomado ha sido el mismo para todos los puntos que a continuación se muestra exceptuando el consumo de la residencia de ancianos y el de la iluminación viaria; por lo que solo se detallarán los datos de los que se ha partido en cada caso y los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

En los siguientes puntos aparecen detalladas las curvas de variación de la demanda de cada uno de los integrantes del sector servicios. Así como el consumo medio diario de cada uno de ellos.

### 3.1.2.1 Comercios de alimentación

Los comercios de alimentación que se han tenido en cuenta en este proyecto son un supermercado, una frutería y una carnicería.

Teniendo en cuenta un consumo anual medio en el comercio de 216 kWh/m<sup>2</sup>, de los cuales solo un 63% son de uso eléctrico (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.), el consumo diario medio es:

	Superficie		Consumo eléctrico	
<b>Supermercado</b>	825	m2	307,58	kWh/día
<b>Frutería</b>	75	m2	27,96	kWh/día
<b>Carnicería</b>	100	m2	37,28	kWh/día
	<b>Total</b>		372,82	kWh/día

Tabla 10 Comercios de alimentación de la zona.

Para el cálculo de la variación de esta demanda a lo largo del día y del año, se cuenta con las siguientes curvas de carga horaria y mensual, respectivamente. Estas curvas representan el consumo que se realiza a cada hora del día y mes del año sobre el consumo total diario y mensual:

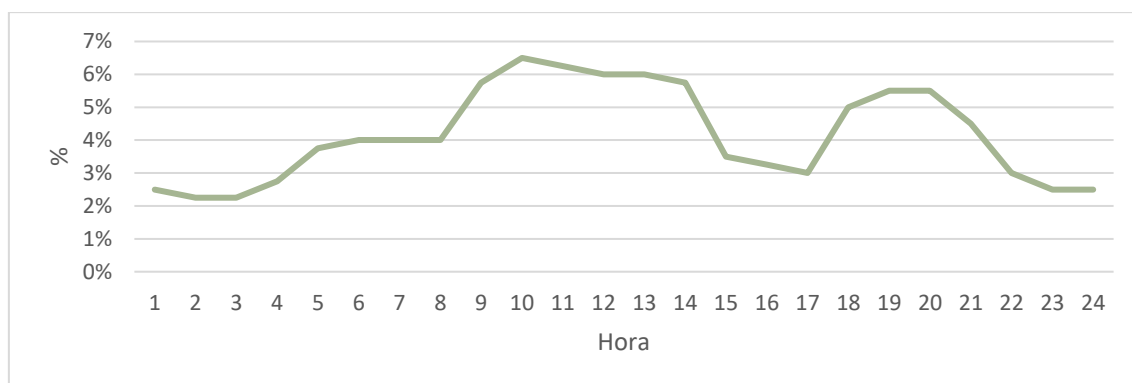


Ilustración 23 Distribución de la demanda diaria en comercios de alimentación. Fuente: REE.

En esta gráfica se puede observar la disminución de la afluencia de personas en los comercios de alimentación durante la hora de la comida. El resto de las horas de apertura el consumo es más estable, excepto durante las horas de cierre, durante las cuales, la energía consumida se destina principalmente a la refrigeración de aquellos alimentos que lo necesiten. A lo largo del año, el consumo aumenta durante los meses de verano debido a la influencia que tiene la refrigeración sobre el mismo.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

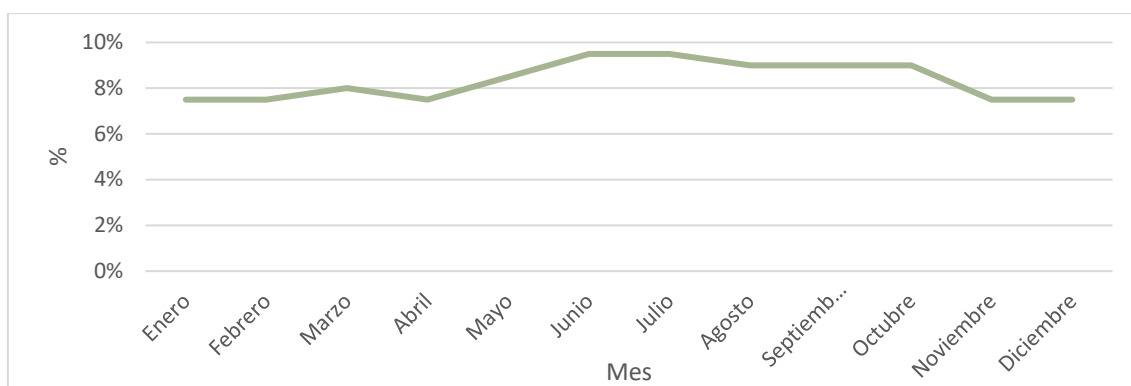


Ilustración 24 Coeficiente de estacionalidad en comercios de alimentación. Fuente: REE.

La evolución curva de demanda calculada de un día típico de invierno y uno de verano será la misma para los tres comercios de alimentación de la zona, pero para unos u otros valores en función de su tamaño. A continuación, se muestra las curvas del supermercado, carnicería y frutería:

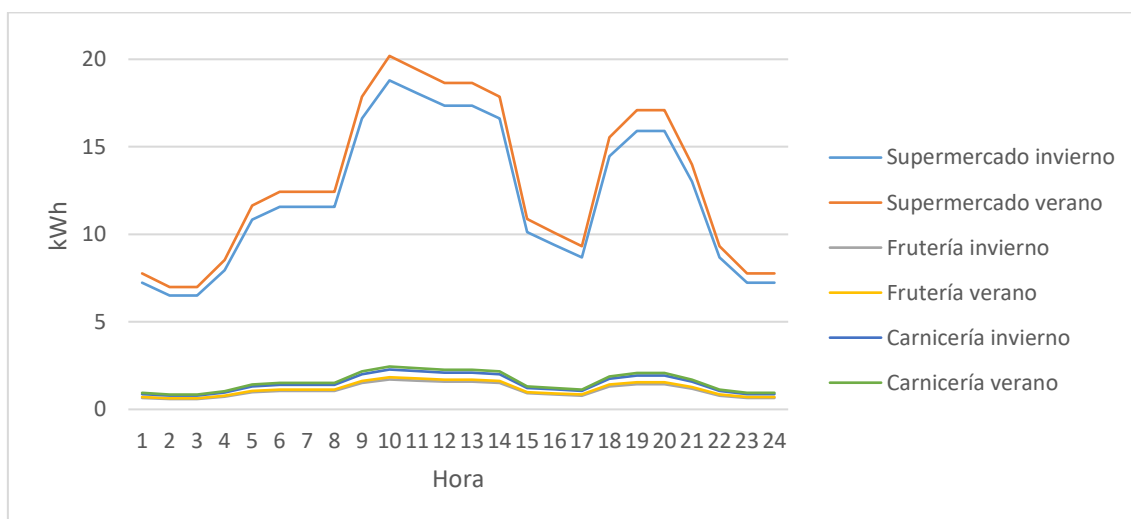


Ilustración 25 Consumo del supermercado, carnicería y frutería.

La demanda total de los comercios de alimentación consta de tres grandes consumos: la iluminación, que supone un 33% del total, la climatización un 20% y la refrigeración un 25% (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.). Esta distribución de cargas se muestra en la siguiente gráfica para el supermercado, los otros locales tendrán unas curvas proporcionales a razón de la diferencia en su consumo total diario:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

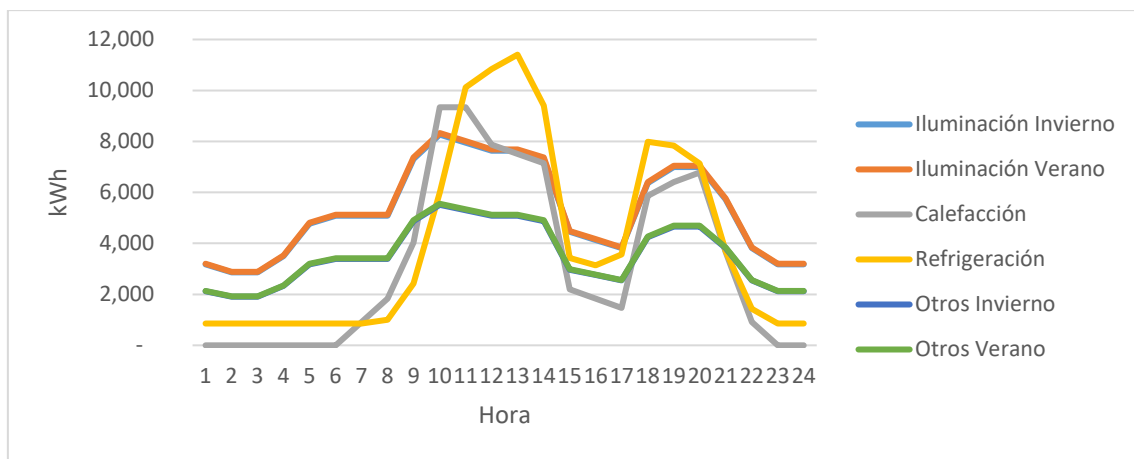


Ilustración 26 Curva de carga disgregada del supermercado.

Las curvas de climatización de esta gráfica aparecen explícitamente reflejadas en el proyecto INDEL.

### 3.1.2.2 Restauración

Para el consumo en bares y restaurantes, el cálculo de la demanda sigue el mismo orden que el anterior descrito.

En este caso, se cuenta con diez locales de restauración de una superficie media de 75m<sup>2</sup> y con un consumo de 240kWh/m<sup>2</sup> de los cuales un 80% son de uso eléctrico (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.). Así, el consumo total medio diario es de 394,5kWh.

Las curvas de variabilidad porcentual de la demanda de estos locales son las siguientes:

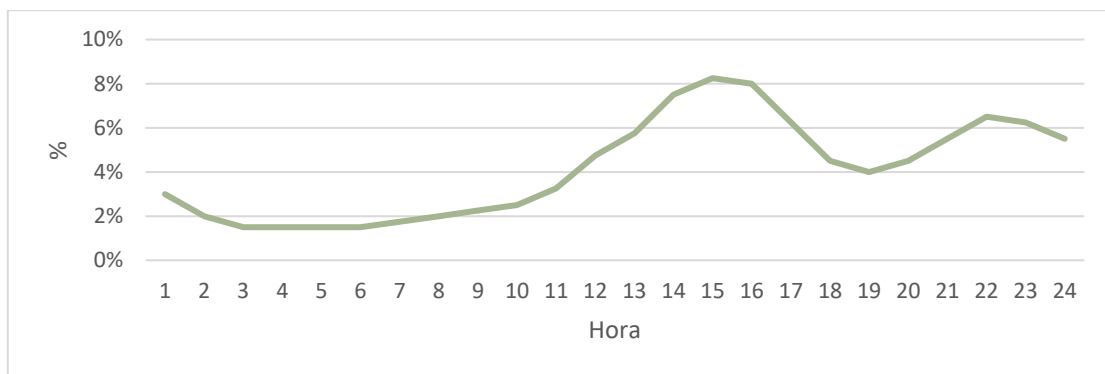


Ilustración 27 Distribución porcentual de la demanda diaria de bares y restaurantes. Fuente: REE.

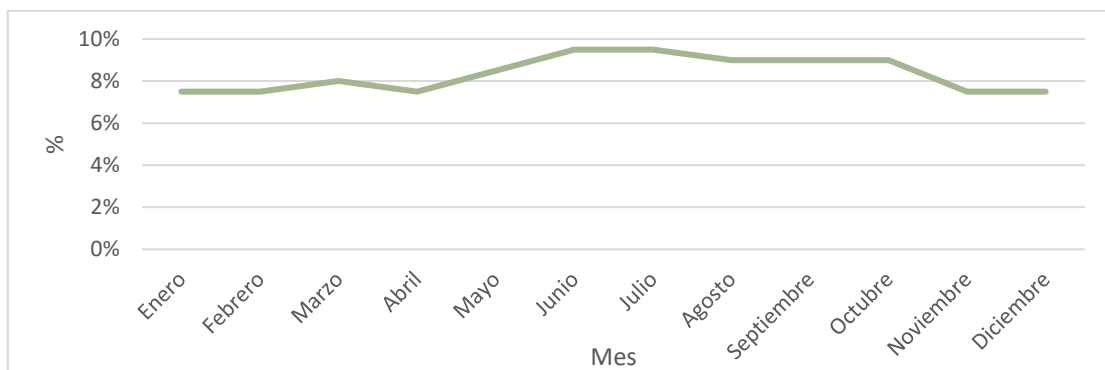


Ilustración 28 Coeficiente de estacionalidad en bares y restaurantes. Fuente: REE.

Como cabía esperar, la demanda aumenta durante la hora de la comida y la cena. Debido a la refrigeración también aumenta durante los meses de verano.

Según el proyecto INDEL, los coeficientes de estacionalidad del sector restauración y el de alimentación son semejantes, de ahí que las curvas de evolución porcentual a lo largo del año sean las mismas.

Para un local de restauración de 75m<sup>2</sup>, la curva de consumo horario a lo largo de un día medio de invierno y otro de verano se muestra a continuación:

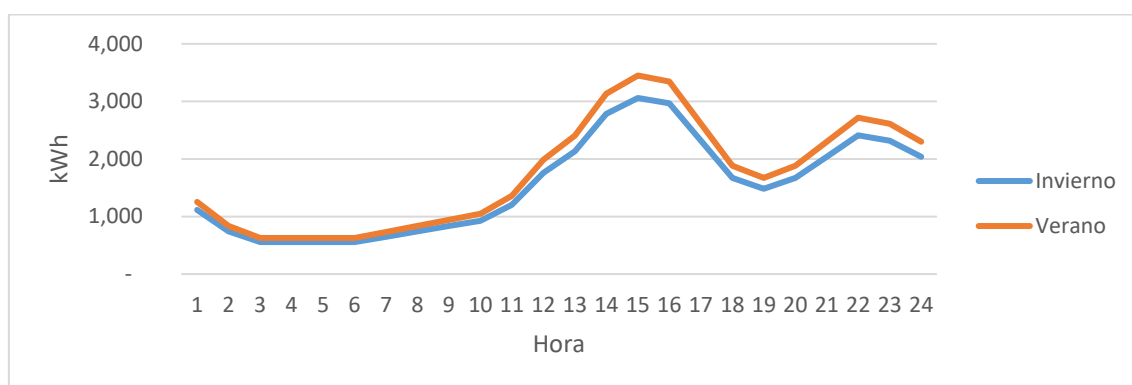


Ilustración 29 Consumo horario de los bares/restaurantes.

Los tres grandes consumos del sector restauración los forman la cocina, que consume un 63% de la energía, la iluminación, un 11%, y la climatización un 16% (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.).

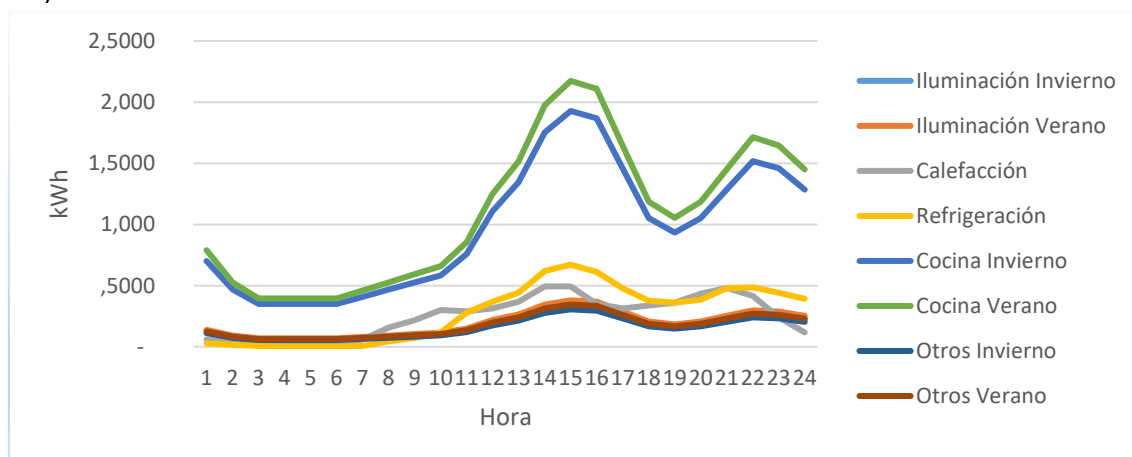


Ilustración 30 Curva de carga disgregada del sector restauración.

Las curvas de climatización han sido tomadas del proyecto INDEL.

### 3.1.2.3 Pequeños comercios

El consumo por metro cuadrado de los pequeños comercios, al igual que el de los comercios de alimentación, es de 216 kWh/m<sup>2</sup>, de los cuales solo un 63% son de uso eléctrico (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.). Considerando una media de 150 m<sup>2</sup>, la demanda diaria media para cada uno de los cuatro comercios locales será de 55,92 kWh totales. Se ha incluido también un bazar de 650 m<sup>2</sup>, lo que supone una demanda diaria de 242,33kWh al día.

En este caso, las curvas de variación porcentual de la energía consumida son:

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

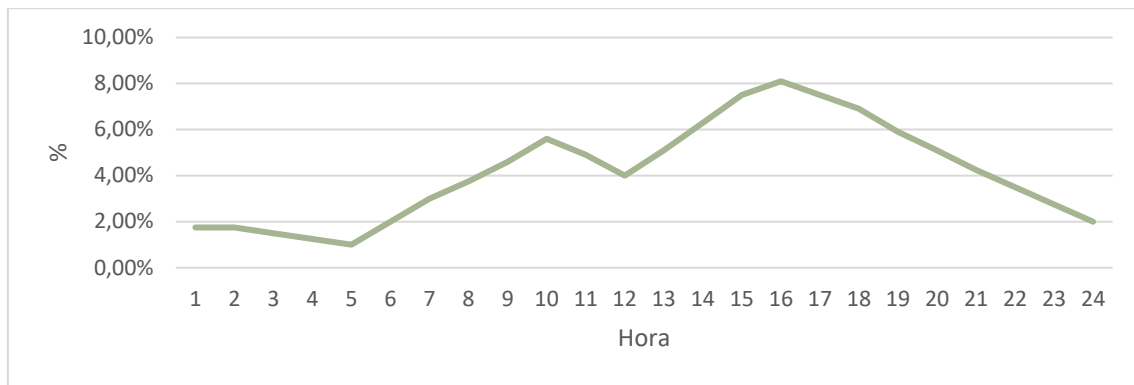


Ilustración 31 Curva de carga comercial, distribución porcentual de la demanda a lo largo del día. Fuente: SCRIBD, "Curvas de carga, factores que caracterizan su comportamiento".

En esta curva se aprecia cómo las máximas ventas suelen darse a primeras horas de la tarde, en torno a las 16h. La disminución de la demanda a las 12h se debe al parón que suele hacerse por la hora del almuerzo (Esteban, 2020).

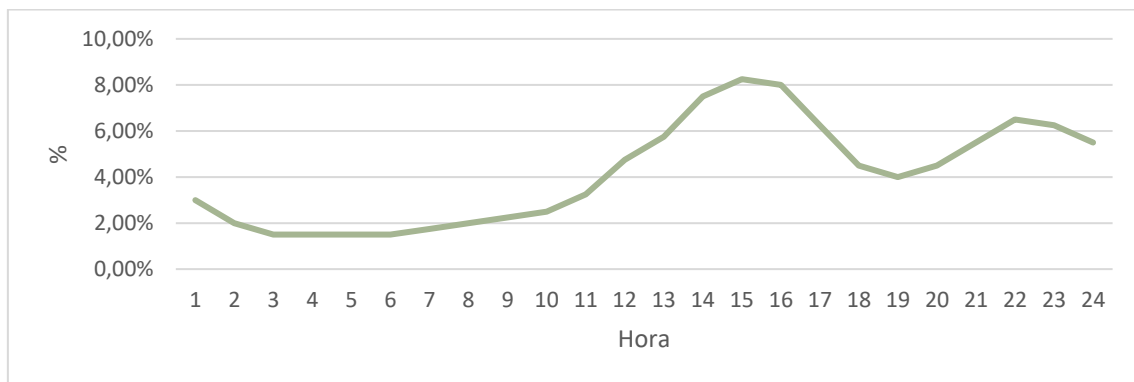


Ilustración 32 Distribución de la demanda diaria de pequeños comercios. Fuente: REE.

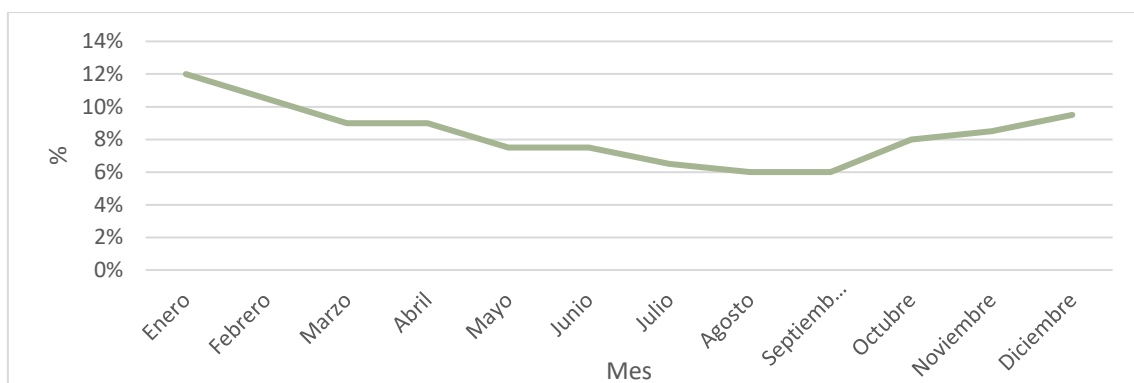


Ilustración 33 Coeficiente de estacionalidad en pequeños comercios. Fuente: REE.

La curva de demanda para un pequeño comercio tipo y para el bazar chino es la siguiente:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

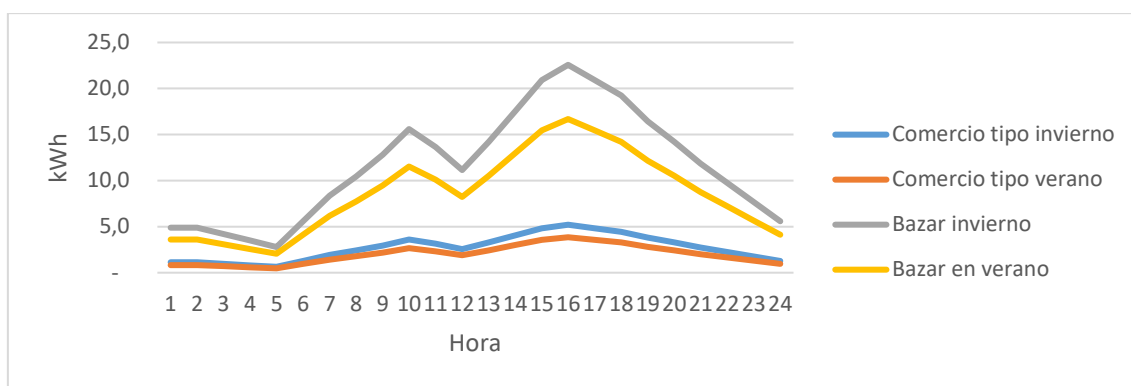


Ilustración 34 Consumo pequeños comercios.

La iluminación y la climatización constituyen los principales puntos de consumo, siendo éstos un 50% y un 35% del total, respectivamente (Proyecto PYME Energy CheckUp, s.f.). Esta distribución la muestra la siguiente tabla:

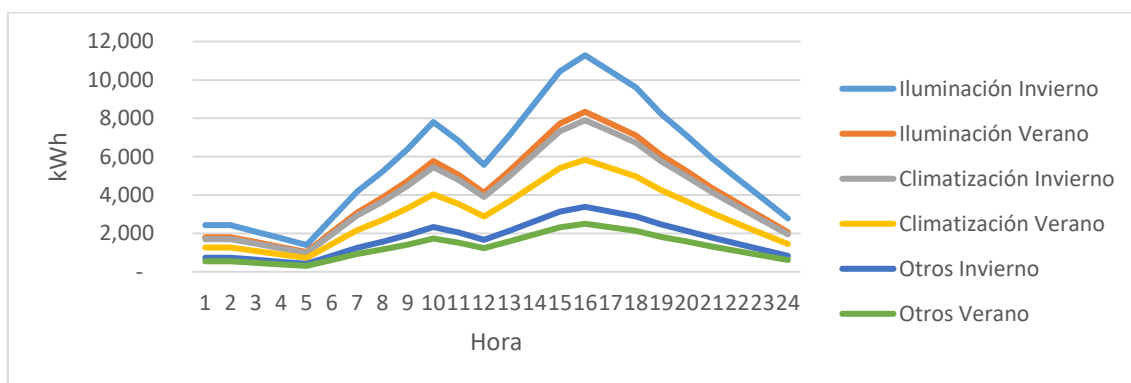


Ilustración 35 Curva de carga disgregada de los pequeños comercios.

### 3.1.2.4 Residencia de ancianos

En el caso de la residencia de ancianos, se cuenta con una curva de carga eléctrica mensual que muestra el consumo medio de cada mes a lo largo de las diferentes tarifas eléctricas (consumos en valle, llano y punta).

Para el cálculo de la demanda, se han tomado los datos calculados en el “Proyecto de ejecución residencia para personas mayores en Portol, Marratxí. Instalaciones” del ingeniero Manuel Suárez Vidal. Se trata de una residencia localizada en una zona climática equivalente a Valencia con una certificación energética B, lo que supone un consumo aproximado de 170,52kWh/m<sup>2</sup> que se reparten básicamente entre calefacción, refrigeración, ACS e iluminación, los cuales suponen respectivamente un 7%, un 38%, un 28% y un 27% del total.

La residencia de Ciutat Fallera cuenta con una superficie de 750 m<sup>2</sup>, lo que supone un consumo anual de 80.325kWh.

La curva utilizada para el cálculo de la demanda a lo largo de los meses y horas del año es:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

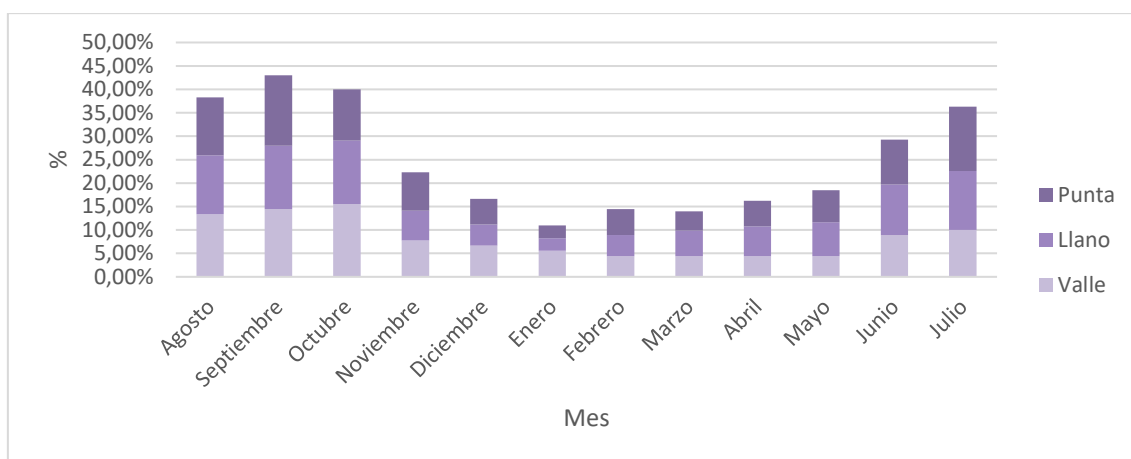


Ilustración 36 Distribución de la demanda anual residencial. Fuente: “Guía de ahorro energético en residencias de mayores” (Comunidad de Madrid, 2005).

Esta tabla se basa en la curva de carga calculada en kWh que muestra la Comunidad de Madrid (2005) en su “Guía de ahorro energético en residencias de mayores”. La gráfica hace referencia a una residencia tipo con un consumo anual superior a la de Ciutat Fallera, esta es la razón por la que se ha decidido copiarla como una curva porcentual –independiente, por tanto, del consumo- en la cual se representan el porcentaje de consumo eléctrico de cada uno de los periodos con respecto a su consumo total. Conociendo el consumo anual y qué porcentaje del mismo se consume en cada periodo, y teniendo en cuenta la gráfica, se puede calcular la curva de consumo diario para un día medio de cada mes.

Se han considerado los periodos de punta los comprendidos entre las 19h y las 22.59h en invierno y entre las 12h y las 15.59h en verano; los periodos de llano entre las 09h y las 18.59h y de las 23h a la 00.59h en invierno para los días de verano de 09h a 11.59h y de 16h a 00.59h; los periodos de valle, tanto para invierno como para verano, son los comprendidos entre la 01h y las 8.59h. Estos periodos son así definidos para las tarifas de tres periodos (3.0A), (Som Energia, 2020).

En la siguiente imagen se puede observar que curva de carga -tanto para un día medio de invierno como uno de verano- es una curva abrupta (a pesar de que en este caso se ha utilizado una gráfica de líneas suavizadas), esto se debe a que los datos de los que se dispone para el cálculo de la demanda no son por horas -como en el resto de casos- sino por periodos, por lo tanto no hay suavidad de cambio entre los periodos de mayor y menor consumo.

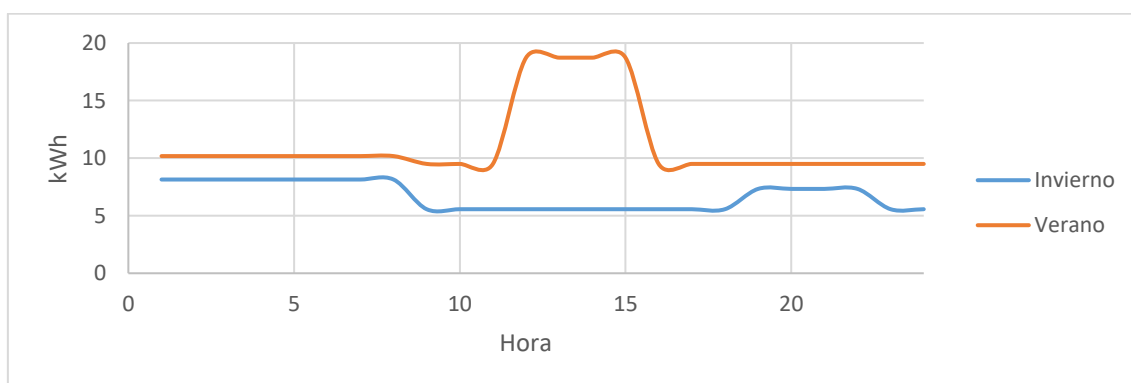


Ilustración 37 Curva de carga horaria de la residencia de ancianos.



Si disgregamos esta demanda en función de los principales consumos, el resultado es el siguiente:

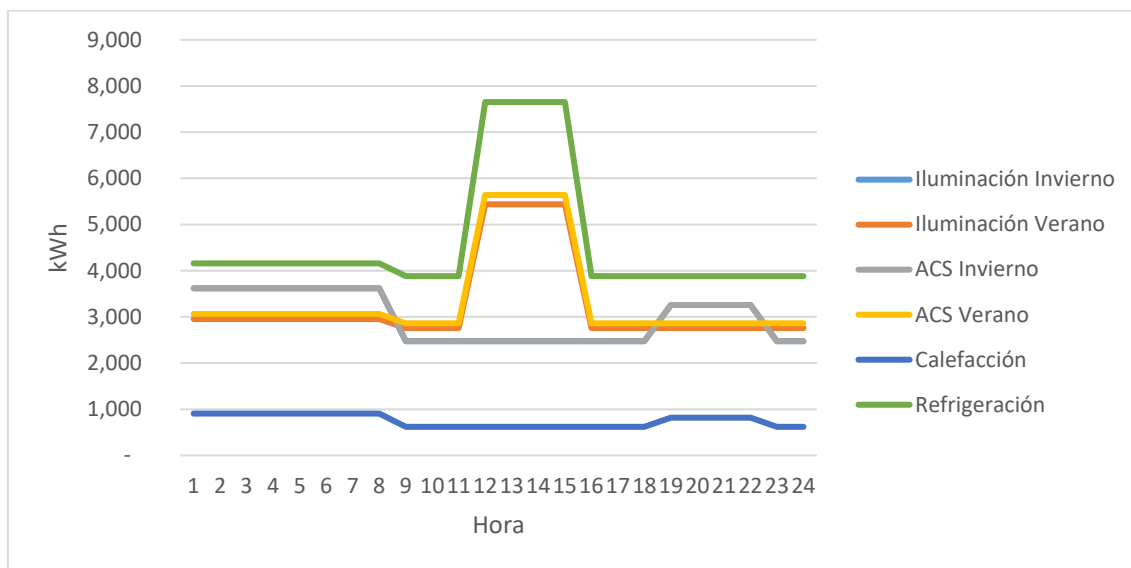


Ilustración 38 Consumos disgregados de la residencia de ancianos.

Como ya se ha dicho, la curva real de la residencia tiene un perfil más suavizado, sin embargo, a grandes rasgos seguirá una evolución similar.

### 3.1.3 Demanda del sector público

El alumbrado viario es quien constituye la demanda del sector público en la zona seleccionada.

El Ayuntamiento de Valencia proporciona el consumo eléctrico de las luminarias por distrito. También permite conocer el número de horas de funcionamiento diario de las luminarias para cada mes.

Suponiendo que hay uniformidad de iluminación en las diferentes áreas del distrito de Benicalap, se ha hecho un cálculo proporcional entre consumo de luminarias en función de la superficie ocupada. Esto es, suponiendo que el número de luminarias por metro cuadrado es el mismo para todo el distrito –y por tanto también lo es la energía consumida para iluminar cada metro cuadrado-, conociendo el consumo anual de las luminarias de Benicalap y su superficie y conociendo también la superficie ocupada por la zona estudio, el cálculo se realiza de manera sencilla. Obtenida la demanda anual y conocido el número de horas anuales de encendido, se han calculado 14,85kWh de consumo por cada hora de funcionamiento.

La siguiente tabla muestra el número de horas de encendido diario de las luminarias en función de cada mes:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14	12	12	10	9	9	9	10	11	12	13	14

Tabla 11 Horas de encendido de la iluminación viaria. Fuente: Ayuntamiento de Valencia.

El encendido se realizará durante las horas de menos luz, pasando estas de un intervalo de seis de la tarde a siete de la mañana en los días más cortos a otro de diez de la noche a seis de la mañana en los más largos.

El encendido y apagado a lo largo del año se realiza de la siguiente manera:

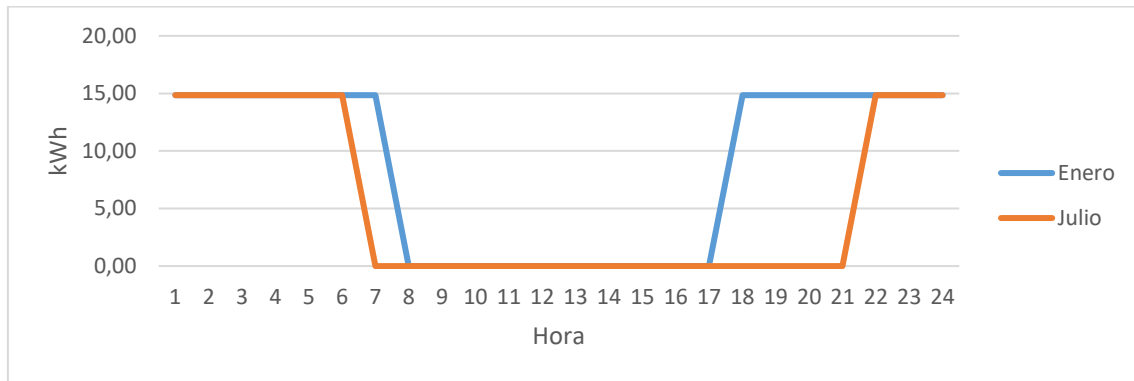


Ilustración 39 Distribución de encendido de las luminarias en un día de invierno y uno de verano.

Enero y diciembre son los meses con menos horas de luz natural y junio y julio gozan de días más largos. Este número de horas varía progresivamente a medida que pasa el tiempo entre una estación y otra.

### 3.2 DEMANDA TOTAL

Finalmente, el resultado será la adición de cada uno de los consumos. El siguiente gráfico muestra la evolución mensual de la demanda diaria a lo largo del año:

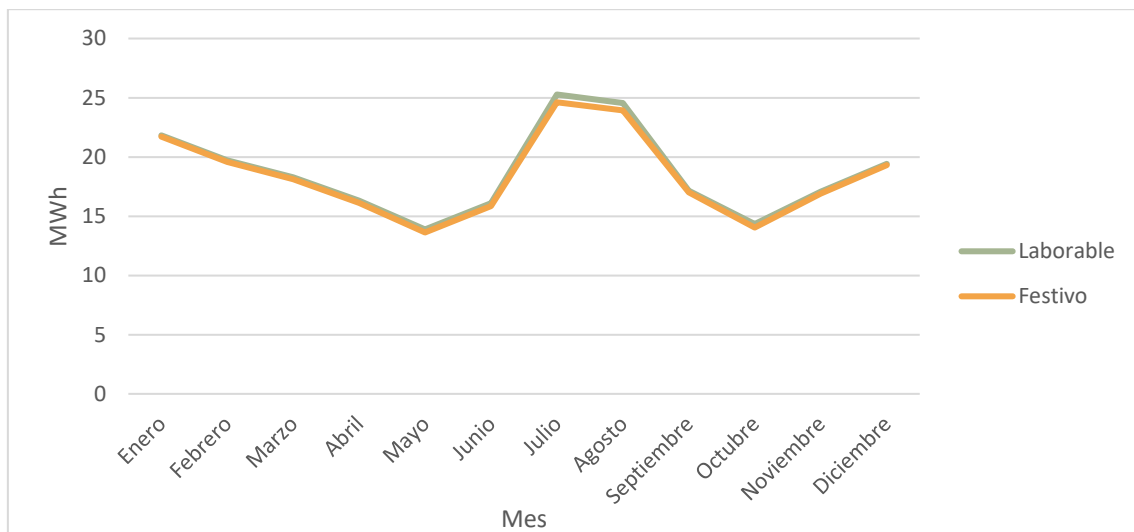


Ilustración 40 Evolución mensual de la demanda total.

Para un día medio de invierno y otro de verano, a continuación, se muestra la evolución del consumo tanto para invierno como para verano:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

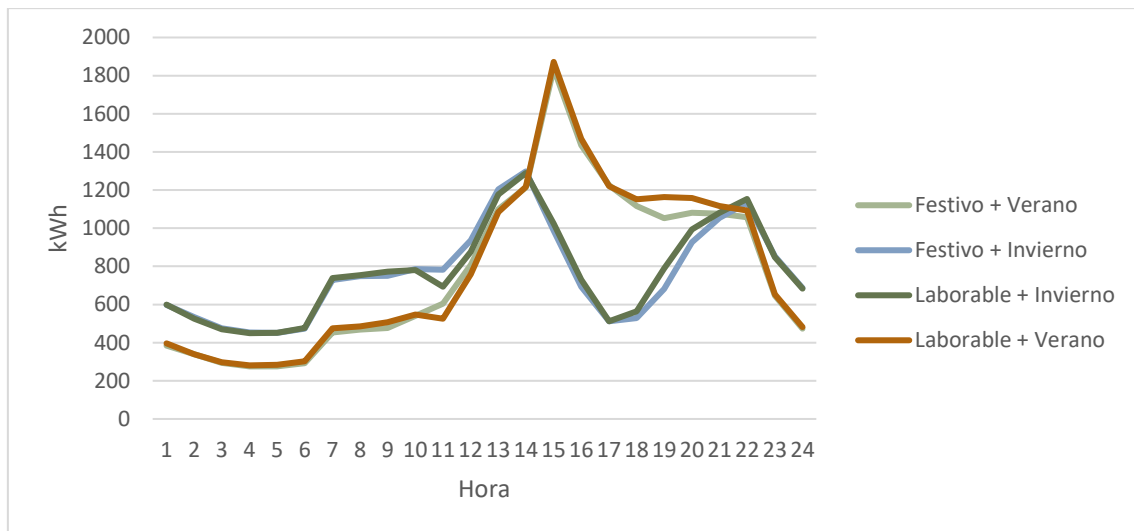


Ilustración 41 Evolución horaria de la demanda total en un día medio.

En estas curvas predomina el perfil de consumo del sector residencial, ya que, al ser un número tan elevado de viviendas, el consumo sobre el total es mucho mayor que para el resto de los colectivos.

La información por introducir en HOMER para el cálculo de las tecnologías será la evolución horaria de un día tipo de cada uno de los meses del año, tanto en laborable como en festivo.

En el siguiente apartado, se explicará la definición de las tecnologías a introducir en HOMER.

## **CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA**

Una vez recogida toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto, llega el momento de analizar los datos y buscar soluciones que satisfagan el objetivo.

Se ha querido recordar en este punto qué se está buscando a la hora de realizar este trabajo: conseguir mejorar la forma de abastecimiento energético en el barrio de Ciutat Fallera; es decir, que la energía sea más limpia que la actual.

Tras los estudios de la normativa vigente, se ha optado por considerar dos formas de conexión:

- Conexión a red sin excedentes
- Conexión a red con excedentes

Estas formas de conexión determinan los escenarios finales, en los cuales se ha valorado la posibilidad de integración de energía fotovoltaica y eólica con la red.

En el caso no verter a red, el centro de los cálculos se basa en evitar al máximo excedentes eléctricos, ya que éstos serán producción perdida al no poder aprovecharse. Esta forma de conexión tiene como principal ventaja su facilidad de implantación a nivel legal, ya que no se necesitan permisos de acceso y conexión a la red, sino simplemente la instalación de un mecanismo que evite los vertidos a la red (Real Decreto 244/2019, 2019).

Realizar una conexión con excedentes tiene como ventaja un mayor porcentaje de renovables y, con ello, un mayor ahorro económico. Esto se debe a la posibilidad de hacer una instalación de mayor potencia cuyos excedentes puedan ser vendidos y, por tanto, se puedan aprovechar.

La definición de la demanda puede realizarse como si de una instalación centralizada para toda la zona se tratase, pero también puede disgregarse en edificios o grupos de edificios.

Por otro lado, teniendo en cuenta la limitación de superficie para el aprovechamiento del recurso solar, la instalación de una u otra potencia de fotovoltaica depende de dónde se quiera instalar los paneles. Se cuenta con dos opciones:

- Situar la instalación sobre las propias edificaciones de los usuarios, está sería la opción más sencilla. Es el caso de la demanda disgregada.
- Solicitar permiso a los espacios colindantes para alquilar una superficie de tamaño suficiente. Caso de la generación centralizada.

Concretamente y a menos de 500m, como especifica la normativa, junto a la zona estudio se encuentran los talleres falleros de la ciudad, con grandes superficies de techos prácticamente sin sombra alguna. Además, al tratarse de un barrio periférico, cuenta con varios solares de suelo sin edificar donde, si se obtienen los permisos necesarios, también se podría realizar la instalación. Únicamente los tres solares que dan a la Avenida de Hermanos Machado suman una superficie de 16.465m<sup>2</sup> (Catastro inmobiliario, 2020)

En caso de centralizar la demanda, lo más conveniente sería contar con una instalación también centralizada, mientras que, para una demanda disgregada, la opción más cómoda es que la instalación generadora se sitúe sobre la vivienda de los usuarios.

Con esto quedan definidos los escenarios a valorar:

- Conexión a red con excedentes y generación centralizada.
- Conexión a red con excedentes y generación distribuida.
- Conexión a red sin excedentes y generación centralizada.
- Conexión a red sin excedentes y generación distribuida.

Se han estudiado las diferentes configuraciones de conexión analizando la información que calcula HOMER para cada uno de los escenarios propuestos. La diferencia entre escenarios se basa en la definición de la demanda y de la red, ya que los recursos y las tecnologías se mantienen constantes.

Para la definición de las tecnologías en HOMER, se ha realizado un estudio de mercado con el fin de localizar las tecnologías que combinen eficiencia, precio y adecuación al recurso disponible. Este estudio se basa en las ofertas actuales de tecnología y en consultas teóricas en el PER 2011-2020. La definición de los recursos se ha basado en datos de mediciones experimentales y de información meteorológica.

Una vez definidos todos los parámetros sobre los recursos, tecnologías y demanda, el software busca las posibles combinaciones entre número de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos, así como cuál de estos últimos es más rentable para las condiciones climatológicas. La selección de escenarios finales se basa en el análisis de costes, la contribución de renovables en el mismo, las ventajas a nivel social y, como no, la viabilidad técnica.

El siguiente diagrama muestra de manera compacta el proceso seguido para la resolución del problema que se plantea:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

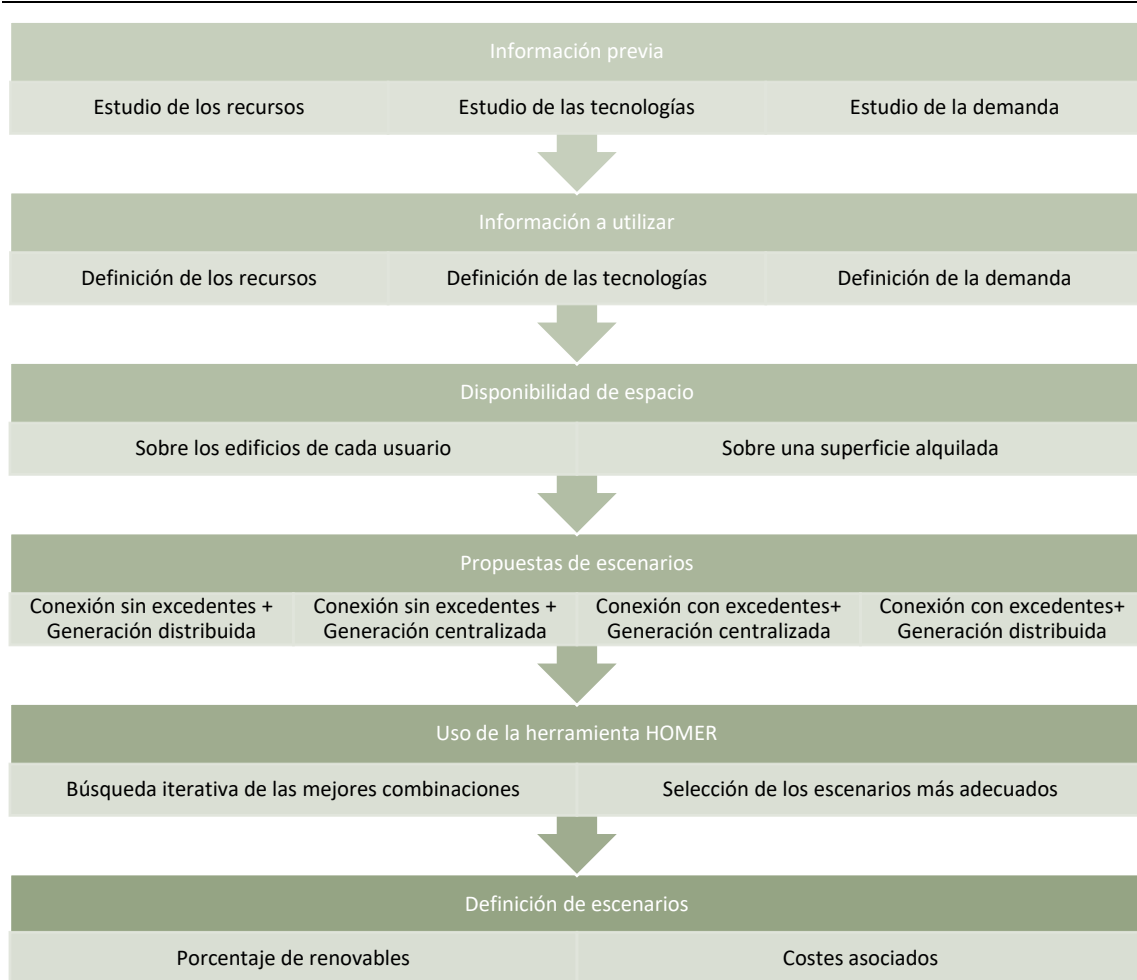


Ilustración 42 Metodología de trabajo con el software.

## **CAPÍTULO 5. SIMULACIÓN Y VIABILIDAD**

### **5.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS EN HOMER**

La herramienta HOMER permite hacer un análisis de las posibles combinaciones de tecnologías con el fin de proporcionar las mejores soluciones desde un punto de vista técnico-económico.

HOMER permite la introducción de restricciones como el porcentaje de energía renovable deseado o las emisiones máximas de GEI. Gracias a esto es posible limitar el rango de soluciones a unos escenarios más concretos y solidarios con el medio ambiente.

El funcionamiento de esta herramienta es sencillo. Necesita la definición de los recursos y tecnologías a tener en cuenta e información sobre la demanda. También permite seleccionar si se desean resultados para una configuración aislada, si se prefiere estar conectado a la red o si lo que se desea es una comparación entre ambas configuraciones.

Una vez definidas todas las partes, HOMER calcula y define diferentes propuestas, especificando tanto costes de implantación y mantenimiento como contribución y cantidad a instalar de cada tecnología. También proporciona los datos sobre cómo es abastecida la demanda a lo largo del año, mes o día y en función de diferentes variables, lo que permite conocer con bastante detalle la simulación del comportamiento de cada escenario. Además, proporciona la evolución anual de los costes a lo largo de toda la vida del proyecto.

#### **5.1.1 Definición de la demanda**

Para poder realizar los cálculos, se ha introducido en HOMER la demanda como evolución horaria de la energía consumida para un día tipo de cada mes, tanto en laborable como en festivo. Una vez introducidos los valores, HOMER calcula la variación horaria de la demanda a lo largo de todas las horas del año, dando como resultado una serie de gráficos que permiten realizar un análisis más profundo del comportamiento de esta demanda.

Se trata de una demanda definida como de carácter primario, ya que debe satisfacerse de manera inmediata. El consumo se realiza en corriente alterna.

Las diferentes definiciones de la demanda que se han realizado para su introducción a HOMER son:

- Por edificios individuales: cada edificio tiene su propia instalación de autoconsumo colectivo. Los diferentes comercios se anexionarán a la instalación del colectivo con el que comparta edificio o, en su defecto, con el más cercano a éste -caso del supermercado y del bazar-.
- Agregación de todas las demandas: el conjunto de consumos estará conectado dando lugar a una gran instalación de autoconsumo colectivo. Esto permite una curva de demanda más estable, pero es más complicada su conexión de manera que respete la normativa.

Tras analizar y valorar diferentes configuraciones, se ha decidido no considerar la demanda pública debida a la iluminación viaria. La instalación esta prevista sobre los tejados de los edificios residenciales y será principalmente fotovoltaica, por esta razón considerar esta demanda no es ventajoso no solo debido a que la máxima generación es durante las horas de día -precisamente cuando no hay demanda- sino porque se estarían mezclando sobre una misma instalación propietarios privados con una entidad pública.

Se debe buscar la combinación que permita una forma sencilla de autoconsumo, evitando la necesidad de hacer instalaciones adicionales -como la posible necesidad de hacer una conexión entre edificios en caso de centralizar la demanda- y a la vez buscando una curva de demanda lo más parecida posible a la de generación -a mayor centralización, menores serán los picos de demanda y mayor provecho se tendrá de la electricidad generada-.

Mientras que la definición de los escenarios con generación centralizada es sencilla, debido a que únicamente se deben agregar todas las curvas de carga y basta con una sola simulación en HOMER, una demanda distribuida requiere la definición de la demanda de cada uno de los colectivos, lo que significan varias simulaciones diferentes del HOMER.

Para poder calcular esta segunda distribución de la demanda, se han definido dos tipos de edificios:

- Edificios tipo 1: edificios con una media de siete alturas de viviendas y cuatro hogares por planta, lo que suma un total de 28 hogares por edificio. Hay veinte edificios con estas características, que suponen 560 viviendas de tipo 1.



*Ilustración 43 Ejemplo de un edificio tipo 1. Fuente: Google Earth.*

- Edificios tipo 2: edificios con una media de seis alturas de viviendas y doce hogares por planta, sumando un total de 72 hogares por edificio. Hay un total de trece edificios con estas características, lo que suma 936 viviendas de tipo 2.



*Ilustración 44 Ejemplo de un edificio tipo 2. Fuente: Google Earth.*



Como ya se ha dicho, los locales del sector servicios se incluyen como los bajos de los diferentes edificios. Se han definido las siguientes combinaciones:

- El supermercado, la frutería y la carnicería van unidos a un edificio de tipo 1.
- El bazar se une a uno de los edificios de tipo 2.
- Hay 5 pequeños comercios en los bajos de los edificios de tipo 1 y 5 en los de tipo 2.
- Hay 3 locales de restauración en edificios de tipo 1 y 7 en los de tipo 2.
- Hay 9 edificios de tipo 1 sueltos.
- La residencia de ancianos está separada del resto de puntos.

Se ha realizado una simulación en HOMER para cada una de estos subescenarios.

### 5.1.2 Definición de los recursos

La radiación solar se ha introducido como la evolución de la media diaria mensual a lo largo del año. A partir de estos datos, HOMER calcula el índice de claridad y genera los gráficos con la información necesaria para conocer el comportamiento horario anual de este recurso.

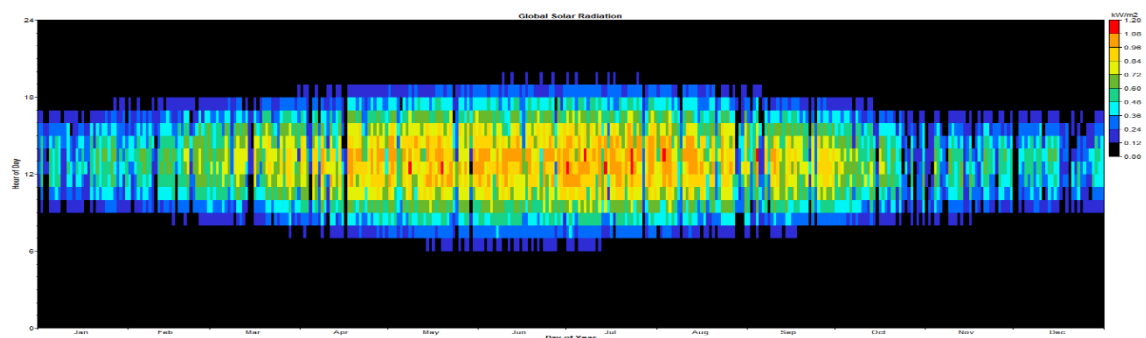


Ilustración 45 Evolución de la radiación solar en Ciutat Fallera. Fuente: HOMER.

El potencial del recurso eólico se ha definido como la evolución de la velocidad a lo largo de cada hora del año, con un total de 8760 valores obtenidos a partir de las mediciones experimentales del medidor del 'Bosquete'. Es necesario especificar también la altura a la que se define el recurso, 3m en este caso. Conocidos estos datos, y al igual que ocurría en los dos anteriores puntos, HOMER define los gráficos que definen el recurso.

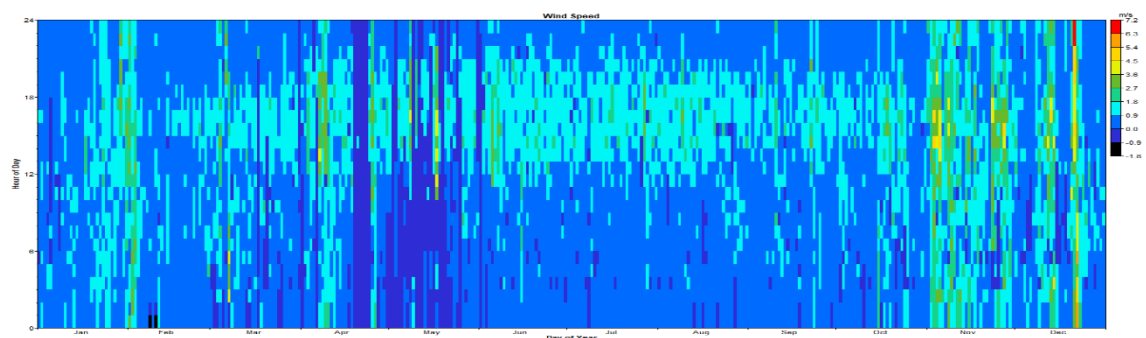


Ilustración 46 Evolución de la velocidad del viento en Ciutat Fallera (altura de 3m). Fuente: HOMER.

### 5.1.3 Definición de tecnologías

#### 5.1.3.1 Paneles fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos seleccionados por su relación calidad-precio son de la marca ERA, los paneles cuentan con las siguientes características principales:

- Potencia de 310W
- Módulos de 60 células, lo que facilita su conexión a red.
- Tecnología monocristalina, que alcanza mayores eficiencias.
- Eficiencia de un 19%
- Vida útil de 25 años.
- Dimensiones: 1650 x 990 x 35 mm.
- Peso: 17.75Kg

La tabla realizada para su introducción en HOMER detalla el tamaño, medido en potencia, y el coste tanto de instalación como de mantenimiento.

Tamaño (KW)	Inversión (€)	Reemplazo (€)	O&M (€/año)
0.31	220	140	9

Tabla 12 Características de los paneles fotovoltaicos. Fuente: AutoSolar.

El número de paneles fotovoltaicos se ha limitado en los escenarios de generación distribuida, debido a la limitación de espacio que hay sobre los tejados. La restricción se ha hecho de la siguiente manera:

- 14,9kW sobre los edificios de tipo 1
- 24,2kW sobre los edificios de tipo 2
- 44,1kW sobre la residencia de ancianos

Estos valores se han calculado a partir de la superficie media de tejado de cada tipo de edificio que calcula el Google Earth, suponiendo que solamente un 20% es útil en el caso de los edificios de viviendas y un 40% para la residencia de ancianos. Estos porcentajes se han estimado así en base a la composición del tejado, especialmente teniendo en cuenta la posibilidad de sombras. Para el cálculo se ha tomado también el valor de la potencia y superficie del panel monocristalino ERA.

#### 5.1.3.2 Inversores

Puesto que la electricidad generada en un módulo fotovoltaico es en corriente continua, es necesario un inversor que permita transformar esa corriente a alterna, ya que es la que necesitan las instalaciones de consumo eléctrico.

El inversor que se ha seleccionado, de carácter monofásico, es de la compañía alemana Growatt y cuenta con una garantía de 10 años.

Al igual que ocurre con todas las tecnologías a incluir en HOMER, es necesario especificar el costo en función de la potencia deseada para el inversor. En este caso los valores son los siguientes:

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Tamaño (KW)	Inversión (€)	Reemplazo (€)	O&M (€/año)
6	1160	1160	116

Tabla 13 Características de los inversores. Fuente: AutoSolar.

Se trata de un inversor de 6kW que dispone de una eficiencia máxima del 98,4% y dos seguidores MPPT. Con un peso inferior a 11kg, la dimensiones de su carcasa son de 375 x 350 x 160 mm.

La potencia por instalar dependerá del número de paneles que se deseen, ya que su finalidad es transformar la electricidad que estos generan. HOMER calcula el número necesario de inversores a instalar en función de la cantidad estimada de producción electricidad renovable generada en corriente continua.

### 5.1.3.3 Aerogeneradores

Para la implantación de aerogeneradores en una ciudad, es imprescindible que no causen molestias a los vecinos debido a ruidos o sombras, por ello ha de tenerse en cuenta el nivel de sonido que producen las posibles vibraciones y que los lugares en los que hacer la instalación se encuentren alejados de ventanas sobre las que proyectar sombras molestas.

Puesto que la velocidad del viento es baja, es necesario que la velocidad de arranque también lo sea. Para aprovechar el potencial del aerogenerador, debe comprobarse que su curva de potencia se adapta a las velocidades del viento del barrio. Partiendo de estas dos premisas, se ha buscado el aerogenerador que combine de manera adecuada coste, potencia y velocidades de arranque y nominal -aquella para la que la potencia sea máxima-. También se ha tenido en cuenta el factor social, por el que el aerogenerador seleccionado debe ser uno que favorezca la imagen del barrio.

Tras un estudio de las diferentes tecnologías ofrecidas en el mercado, se han escogido tres aerogeneradores para estudiar la ventajas de su implantación. El primero ha sido elegido por su vistosidad y configuración estética; el segundo por su carácter innovador y el tercero por su relación calidad-precio. Se trata del 'Wind Tree' y el 'Vortex Bladeless' y el aerogenerador de eje horizontal 'Qr6', respectivamente. Los tres están pensados para su uso en ciudad, lo que lo hacen idóneos para el presente proyecto.

El 'Wind Tree', de la empresa francesa New World Wind, tiene una potencia de hasta 10,8kW producida por una serie de 'hojas' que constituyen pequeños aerogeneradores de eje vertical. Se tiene la posibilidad de seleccionar el tamaño del aerogenerador con un máximo de 36 hojas, así como la opción de crear un híbrido en el que las hojas se combinan con 'pétalos fotovoltaicos' (New World Wind, 2020).

Por otro lado, el aerogenerador 'Vortex Bladeless', que da nombre a su empresa creadora, es un aerogenerador de origen español cuya comercialización está prevista para antes del comienzo del año 2021. La diferencia entre este generador eólico y cualquier otro antes visto, consiste en que éste no aprovecha la energía cinética del viento mediante una máquina generadora rotativa sino a través de las vibraciones que se producen en el cilindro vertical que lo constituye. Estas vibraciones son el resultado del aprovechamiento del llamado efecto 'Vortex Shedding'. La generación eléctrica se produce mediante un alternador al entrar en resonancia la estructura con el desprendimiento de vórtices de viento.

Al prescindir de palas, evita un posible impacto negativo sobre las aves, si bien es cierto que las bajas velocidades de la micro eólica no deberían suponer peligro sobre las mismas (Vortex Bladeless, 2020).

La turbina 'Qr6', de eje horizontal, permite su instalación tanto sobre terreno como en tejados -lo mismo ocurre con el Vortex Bladeless antes descrito- su implantación sobre tejados tiene como ventaja el aumento de la velocidad del viento que aparece con la altura y disminución de obstáculos. En Reino Unido, la compañía QuietRevolution es quien ofrece esta turbina capaz de dar hasta 7.5kW y con un diseño estético (Quiet Revolution Company, 2020).

Las características de los aerogeneradores son las siguientes:

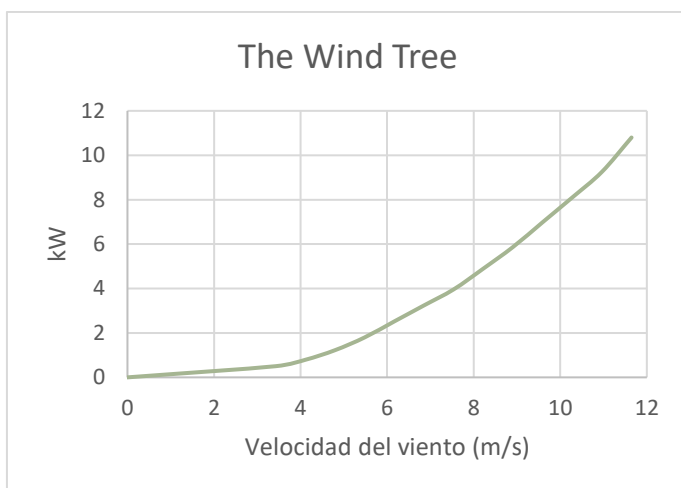


Ilustración 47 Curva de potencia del 'Wind Tree'



Ilustración 48 Aspecto del 'Wind Tree'

Cantidad	Inversión (€)	Reemplazo (€)	O&M (€/año)
1	50000	50000	100

Tabla 14 Características del 'Wind Tree'. Fuente: New World Wind.

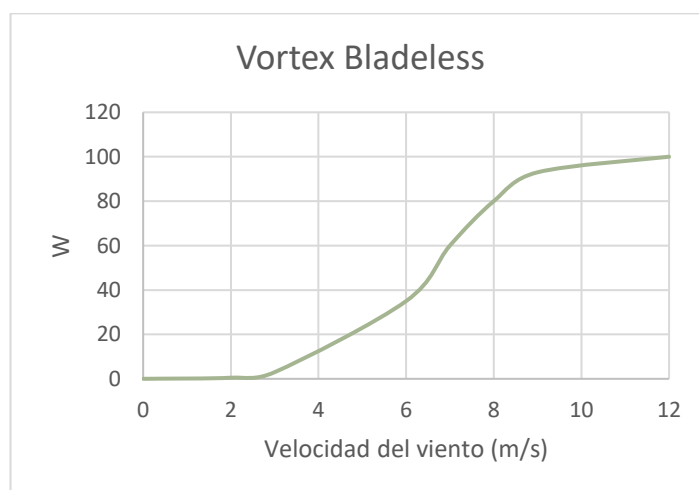


Ilustración 49 Curva de potencia del 'Vortex Bladeless'



Ilustración 50 Aspecto del 'Vortex Bladeless'

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Cantidad	Inversión (€)	Reemplazo (€)	O&M (€/año)
1	3500	3000	5

Tabla 15 Características del 'Vortex Bladeless'. Fuente: Vortex Bladeless.

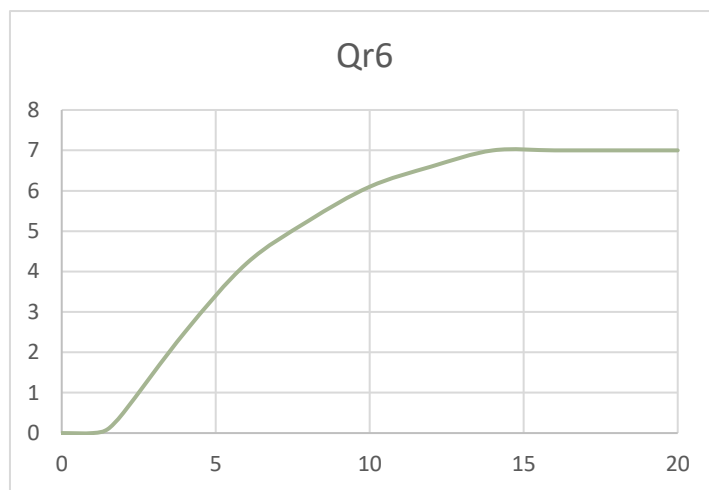


Ilustración 51 Aspecto del 'Qr6'

Ilustración 52 Curva de potencia del 'Qr6'

Cantidad	Inversión (€)	Reemplazo (€)	O&M (€/año)
1	40000	40000	100

Tabla 16 Características del Qr6. Fuente: Quiet Revolution.

### 5.1.3.4 Red eléctrica

Se ha definido una conexión a red para el sistema de autoconsumo a implantar por una principal razón: en Ciutat Fallera se cuenta actualmente con esta conexión para la obtención de electricidad, por tanto, es una instalación ya hecha, lo que se puede aprovechar como ventaja. El objetivo del presente trabajo no es dotar de abastecimiento eléctrico a la zona sino conseguir que éste sea lo más limpio posible.

La conexión a red permite vender excedentes cuando no se usen y también comprar electricidad cuando las instalaciones de autoconsumo no produzcan suficiente. En definitiva, contribuye a la dar la continuidad necesaria al abastecimiento eléctrico. Esto además permite que la nueva instalación a establecer no cubra la demanda en su totalidad, dando la posibilidad de hacer una instalación parcial inicial y dejando abierta una posible ampliación futura.

Hay una limitación impuesta relativa a la conexión a la red con excedentes: en ningún caso el valor económico de la venta a la red debe ser mayor que la compra que se haga de la misma, todo ello para un periodo máximo de un mes (Real Decreto 244/2019, 2019).

Debido al uso de tecnología fotovoltaica, la generación eléctrica será mayor durante las horas del sol. Así se ha decidido establecer una tarifa nocturna -2.0 DHA-, en la cual durante las horas pico el precio medio final por kWh es de 0.123€ mientras que en horas valle el coste es de 0.055€, coincidiendo este periodo con las horas de más necesidad de compra a la red. El precio de venta medio es de 0.05€/kWh (Red Eléctrica de España, 2020). Esta tarifa tiene como peaje

de coste fijo (término de potencia) 38,043€ al año por cada kW contratado (Orden IET/107/2014, 2014).

Se permite una compra ilimitada de la red en todos los casos.

Respecto a la venta, y en el cálculo de la generación con excedentes, es necesario limitar la cantidad de energía vertida a la red, ya que HOMER, no tiene en cuenta la limitación de venta que establece la normativa española.

En un primer cálculo, en que no se tuvo en cuenta la limitación potencia a instalar para la generación distribuida, para cada uno de los diez subescenarios, se calculó el valor óptimo de venta máxima que combinaba de manera adecuada generación renovable y el precio. El proceso se realizaba de manera iterativa calculando, para cada valor de venta máxima a la red estudiado, el valor real del proyecto (sumando aquellas ventas a la red que realmente no se realizaban) y comprobando que el nuevo coste era inferior al valor de venta máxima a la red inmediatamente inferior (y por tanto con menor potencia renovable instalada y mayores costes asociados).

Tras este estudio, teniendo en cuenta la potencia de instalación fotovoltaica calculada por HOMER y la potencia por superficie de los paneles fotovoltaicos, quedó manifestada la necesidad de espacio adicional para la implantación de fotovoltaica para todos los escenarios propuestos, excepto en el caso de la residencia de ancianos, cuya gran superficie no supone un límite en la instalación de potencia fotovoltaica.

Por esta razón, para cumplir con el Real Decreto 244/2019, solamente hay limitación de venta máxima a la red en este último caso y de valor 30kW. Para el resto de los escenarios de generación distribuida, la generación renovable nunca será tal que sus ventas a red puedan superar al valor económico de las compras.

En el caso de unificar la demanda, la potencia de venta máxima a la red es de 1550kW instantáneos sí se tiene en cuenta la normativa ya explicada.

El método de cálculo, explicado de manera más detallada, es el siguiente: para la comprobación del criterio de máxima venta a la red, se han tomado las ganancias que HOMER supone para aquellos meses en que la venta es superior a la compra y, multiplicando los 25 años de funcionamiento establecidos por la suma de los supuestos beneficios, se ha sumado al Valor Actual Neto (VAN), obteniendo así el VAN real de la instalación.

El escenario óptimo será el que, tras estos cálculos, tenga un menor coste. Esto se ha logrado iterando el cálculo para los diferentes valores de capacidad de venta a la red.

El VAN hace referencia al Valor Presente Neto, esto es, el coste total del proyecto al final de sus años de vida. A este coste total se le descuenta el valor que tienen las instalaciones en ese momento.

#### 5.1.4 Definición de restricciones

La cobertura de la demanda debe ser del 100%, ya que de otro modo estaríamos modificando su sistema actual a otro menos eficaz. La red se encarga de cubrir los picos de demanda.

El proyecto está pensado para una duración de 25 años desde su puesta en funcionamiento.

No se ha establecido una contribución mínima de renovables porque se parte de un escenario que ya existe y, por tanto, cualquier actuación ya supone una mejora del escenario actual. La

preexistencia del escenario también condiciona las características de la instalación, como ya se ha visto a la hora de definir la potencia máxima de instalación solar para la generación distribuida.

## 5.2 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Tras el estudio de los diferentes escenarios, se ha llegado a la conclusión -en base a los cálculos de HOMER- de que la mejor configuración para la implantación de autoconsumo renovable en la ciudad de Valencia es aquella que combina energía solar fotovoltaica con la red eléctrica. Queda descartada su hibridación con energía eólica debido a las bajas velocidades de viento de la zona.

Todos los escenarios que a continuación se describen hacen referencia a esta configuración -excepto el escenario BAU, que solo tiene a la red eléctrica- la diferencia entre uno u otro escenario es función de la centralización o descentralización de la generación y de si la conexión a red se realiza con o sin excedentes.

Para todas las alternativas, las instalaciones a implantar serán propiedad de sus usuarios.

### 5.2.1 Escenario BAU

La primera alternativa calculada no es más que un estudio sobre qué ocurriría en caso de que la situación actual se mantuviera tal y como está configurada: un abastecimiento sin renovables y únicamente a través de la red eléctrica. En este caso, la inversión inicial es nula debido a que se trata de una instalación ya hecha. Cada vecino tiene su propio contrato con la empresa suministradora en función de su consumo.

El abastecimiento de la demanda no solo es total, sino que no hay excedentes puesto que solo se compra de la red la energía que se solicite. Es decir, el comportamiento de la instalación consistirá en un perfil de compras a la red exactamente igual al perfil de demanda.

Para este caso se ha establecido una tarifa sin discriminación horaria (2.0 A) con un coste por kWh de 0.114€.

Se ha decidido calcular este escenario para poder comparar si realmente hay mejora del nuevo escenario calculado frente a este escenario BAU (Business as usual), es decir, si se continuase usando únicamente la red eléctrica.

Las principales características de este escenario son:

<b>VAN (€)</b>	<b>€/kWh</b>	<b>Compras (kWh)</b>
11,206,660	0.128	6,787,905

*Tabla 17 Escenario BAU. Resumen de características. Fuente: HOMER.*

El coste por kWh calculado por HOMER es superior al establecido con relación a la tarifa eléctrica debido a que engloba al coste fijo debido al término de potencia.

### 5.2.2 Conexión centralizada con excedentes

Este escenario consiste en la centralización de la generación, de manera que toda la demanda de la zona se satisfaga mediante una única instalación fotovoltaica con apoyo de la red eléctrica, a quien puede vender, en caso de que los haya, los excedentes eléctricos.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Una instalación de este tipo lleva consigo la necesidad de negociar un alquiler de una superficie donde se puedan implantar las placas fotovoltaicas, con sus correspondientes trámites.

Al tener una potencia superior a los 100kW, la instalación debe darse de alta como instalación generadora, y así es como debe vender sus excedentes a la red. Los propietarios de la instalación deberán acordar con la empresa suministradora el precio de venta por kWh.

Las características principales de este escenario aparecen resumidas en la siguiente tabla:

<b>VAN (€)</b>	<b>€/kWh</b>	<b>€/año</b>	<b>Inversión inicial (€)</b>
6,023,696	0.050	236,731	2,963,353
<b>FV (kW)</b>	<b>Producción FV (kWh/año)</b>	<b>Inversores (kW)</b>	<b>Salida del inversor (kW)</b>
3,590	6,171,715	2,676	647
<b>Compras anuales a la red (kWh)</b>	<b>Ventas anuales a la red (kWh)</b>	<b>Capacidad de venta a la red(kW/edificio)</b>	<b>%Renovables</b>
3,711,493	2,593,224	1550	60%

Tabla 18 Conexión centralizada con excedentes. Resumen de características. Fuente: HOMER.

En primer lugar, se ha querido mostrar una gráfica que represente la proporción de generación eléctrica fotovoltaica frente al uso que se hace de la red con el fin de cubrir las necesidades energéticas de la zona.

En segundo lugar, se muestra de manera más detallada el comportamiento de la instalación, esta vez incluyendo además las ventas eléctricas a la red y los excedentes; con ello, se ha querido poner de manifiesto la relación de demanda y generación fotovoltaica con las compras y ventas a la red.

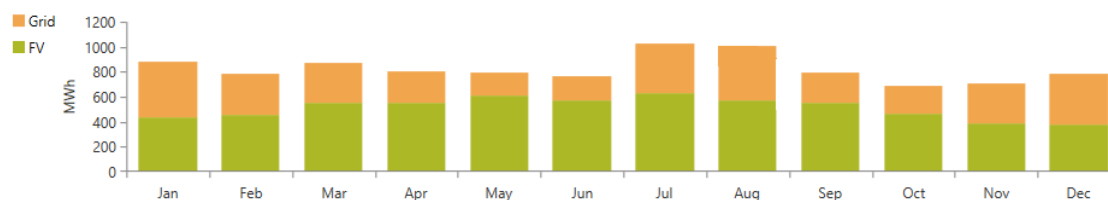


Ilustración 53 Estructura de la generación para una conexión centralizada con excedentes. Fuente: HOMER.



## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap



Ilustración 54 Comportamiento en un día de máximos excedentes de la instalación de generación centralizada con excedentes. Fuente: HOMER.

La ilustración 55 muestra el comportamiento de la instalación en el día del año con un mayor número de excedentes. Como se puede observar, en este tipo de días más extremos, lo que ocurre es que simplemente, esa energía se pierde.

Puede comprobarse que el límite impuesto de venta pico máxima de 1550kW (explicado al final del apartado 6.1.3.4) impide un aprovechamiento total de la electricidad generada por la instalación. Llegando incluso, en algunos puntos, a ser superado el vertido a red por los excedentes. Pero esta limitación, al derivarse de las restricciones de la normativa, no puede evitarse. El único modo sería la venta a algún vecino, pero eso es una decisión final del usuario, así que simplemente se deja abierta esa posibilidad.

Se muestran a continuación dos días críticos, el primero representa el comportamiento del sistema en un día de demanda máxima y el segundo el comportamiento en un día con generación renovable mínima.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

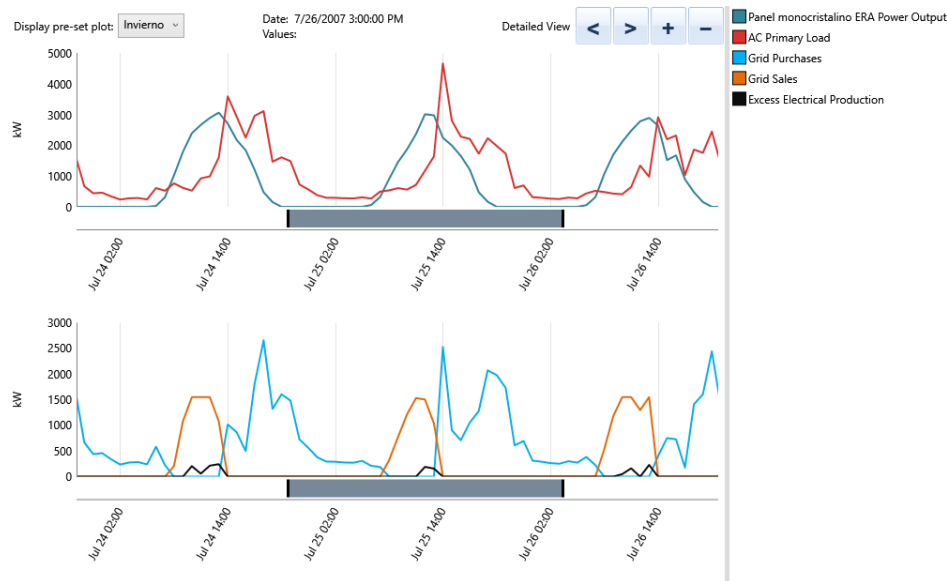


Ilustración 55 Comportamiento en un día de máxima demanda del escenario con excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER.

A partir de esta primera gráfica (ilustración 56), puede observarse la conveniencia que supondría para los usuarios un ligero cambio en su modelo de consumo, ya que no coinciden los picos de demanda con los de generación. Esto provoca que, debido al límite de vertidos a la red, haya energía que se desperdicie cuando, modificando ligeramente la curva de consumo, podría aprovecharse en su totalidad.



Ilustración 56 Comportamiento en un día de mínima generación renovable del escenario con excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER.

Se ha querido mostrar, únicamente para este primer escenario, el día de mínima generación con el fin de demostrar cómo, durante estos días, lo que ocurre es que simplemente se debe comprar más electricidad a la red, pero que en ningún caso hay peligro de desabastecimiento en la zona. Puesto que esto ocurre para todos los escenarios, no se ha considerado necesario mostrar más curvas con baja generación renovable, pues el comportamiento de la instalación será del mismo modo.

### 5.2.3 Conexión centralizada sin excedentes

En este caso, hay que implantar una red que conecte los diferentes edificios con la instalación generadora centralizada, esto supone un coste adicional además de una mayor complicación a la hora de hacer la instalación. También será necesario un mecanismo antivertido que evite que los excedentes vayan a la red pública en cualquier posible punto de conexión a la misma.

Es necesario que el porcentaje de renovables se reduzca respecto el escenario anterior debido a que, en éste, los excedentes son pérdidas al no poder verterlos a la red.

La ventaja de este escenario es que no es necesario obtener permisos de acceso y conexión a la red, lo que simplifica los trámites.

En la tabla que se muestra a continuación pueden verse las principales características de este escenario:

VAN (€)	€/kWh	€/año	Inversión inicial (€)
7.462.006	0,085	485.560	1.184.923
FV (kW)	Producción FV (kWh/año)	Inversores (kW)	Salida del inversor (kW)
1.424	2.448.188	1.128	240
Compras anuales a la red (kWh)	Ventas anuales a la red (kWh)	% de excedentes	%Renovables
4.689.471	-	3,35	31%

Tabla 19 Conexión centralizada sin excedentes. Resumen de características. Fuente: HOMER.

La definición de este escenario de manera gráfica es la siguiente:

La relación entre la generación renovable y la energía comprada de la red, mes a mes, se muestra en la siguiente ilustración. La suma de ambas es la demanda total.

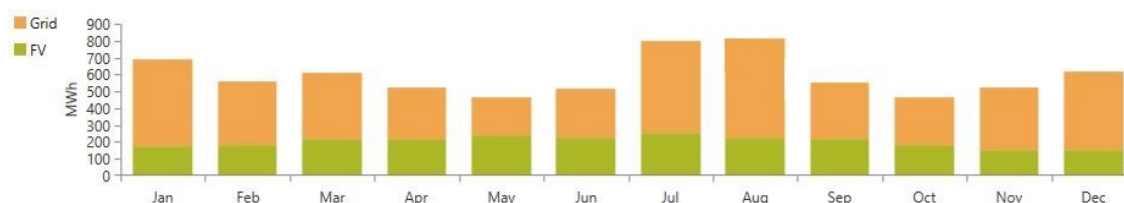


Ilustración 57 Estructura de la generación para una conexión centralizada sin excedentes. Fuente: HOMER.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

La ilustración 59 muestra el comportamiento de la red en un día de máximos excedentes, esto es importante puesto que el problema de este escenario es que ningún excedente es aprovechado.

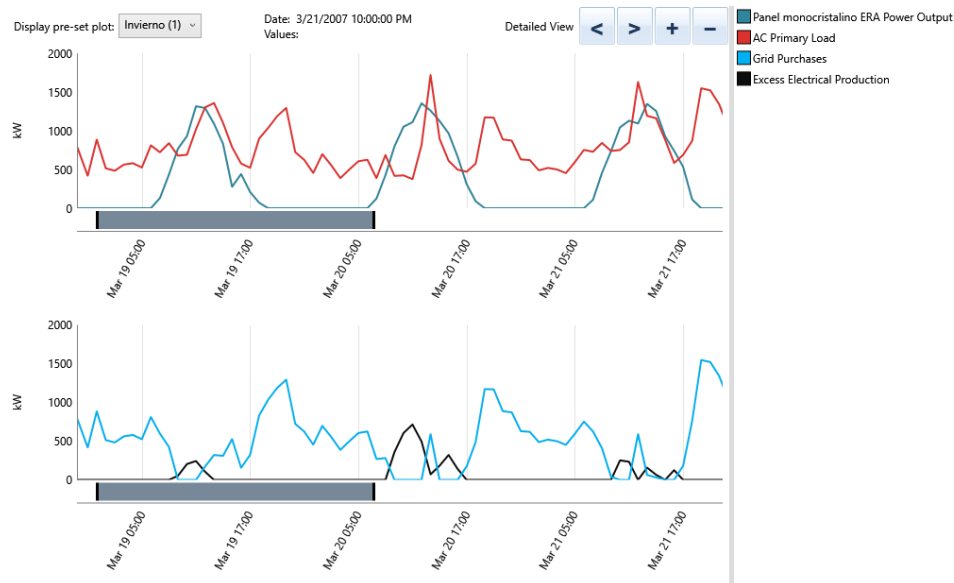


Ilustración 58 Comportamiento en un día de máximos excedentes de la instalación de generación centralizada sin excedentes. Fuente: HOMER.

En este día, en que los excedentes son máximos, se podría mejorar el comportamiento de la instalación si el usuario, consciente de la necesidad de aprovechar su propia electricidad, fuese capaz de consumir acorde a la generación. Esto es, a pesar de que precisamente en este caso los picos son prácticamente coincidentes, evitar picos puntuales demasiado elevados, haciendo un reparto de cargas ligeramente más uniforme durante las horas de sol. También sería conveniente, al igual que en el resto de los escenarios, reducir al máximo el consumo durante las noches.

Se muestra a continuación, el día de máxima demanda:

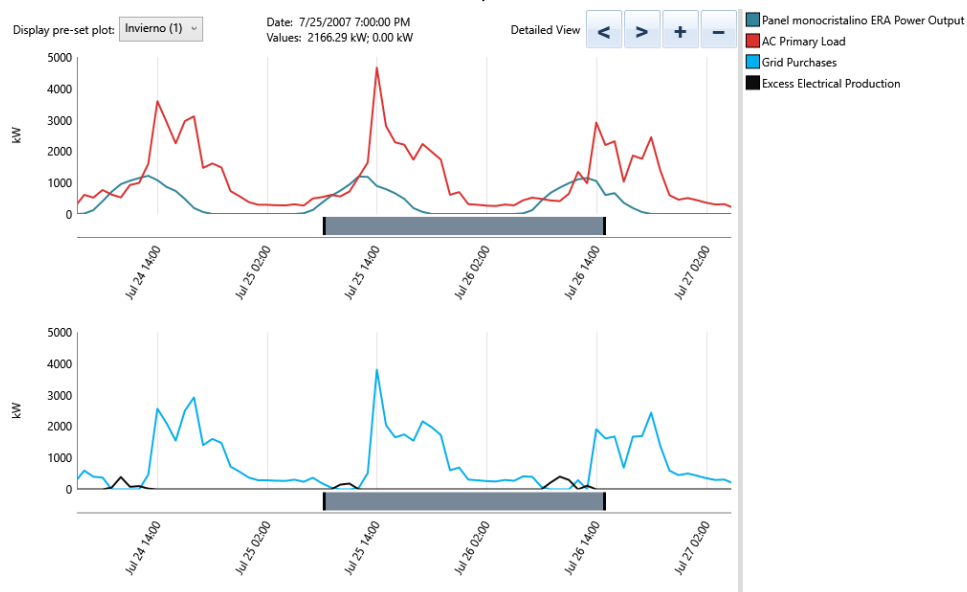


Ilustración 59 Comportamiento en un día de máxima demanda del escenario sin excedentes de generación centralizada. Fuente HOMER.

Puesto que la demanda es la misma en todos los casos y la hora de máxima radiación solar también es la misma, los picos de máxima demanda y generación -independientemente de la configuración de la instalación- están siempre desfasados durante los días de verano con un comportamiento similar: en la hora de máxima generación suelen aparecer excedentes y cuando empieza a descender la generación aparece el pico de máxima demanda. Por lo que, de nuevo, convendría modificar ligeramente las costumbres de consumo de los hogares incluidos en este proyecto (se hace referencia al cambio en el consumo de los hogares únicamente al considerar que los consumos del sector servicios no dependen de la voluntad del propietario).

#### 5.2.4 Generación distribuida sin excedentes

Se trata de la propuesta más sencilla de todas, ya que simplemente habría que conectar la instalación de producción a la red interior del edificio sobre el que se sitúe, sin necesidad de solicitar permisos. Únicamente sería necesaria la inclusión de un mecanismo antivertido.

La implantación de este escenario consiste en el establecimiento de una instalación fotovoltaica sobre cada uno de los edificios que se quiera abastecer. El tamaño de la instalación depende por tanto de las características del techo del edificio.

Puesto que para el cálculo de la generación distribuida se han realizado varias simulaciones en HOMER, una para cada configuración tipo de edificio, se muestra a continuación una tabla resumen con los principales resultados de cada uno de ellos:

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

	Renovables (%)	FV (kW)	Inversor (kW)	VAN (€)	€/kWh	Compra a la red (kWh)	Excedentes (%)
<b>Tipo 1</b>	20%	15	12	134.606	0,088	94.320	0,355
<b>Tipo1 + Supermercado</b>	11%	15	12	256.587	0,086	206.410	0,052
<b>Tipo1 + Frutería</b>	18%	15	12	147.449	0,087	106.708	0,159
<b>Tipo 1 + Carnicería</b>	18%	15	12	149.099	0,088	107.651	0,159
<b>Tipo 1 + Pequeño comercio</b>	17%	15	12	159.394	0,089	114.468	0,161
<b>Tipo 1 + Restauración</b>	18%	15	12	152.636	0,089	108.826	0,161
<b>Tipo 2 + Bazar</b>	10%	24	20	461.976	0,091	351.597	0,046
<b>Tipo 2 + Pequeño comercio</b>	12%	24	20	380.003	0,090	285.704	0,054
<b>Tipo 2 + Restauración</b>	12%	24	20	372.862	0,090	279.752	0,056
<b>Residencia</b>	22%	16	12	101.195	0,078	77.752	4,16

Tabla 20 Generación distribuida sin excedentes. Resumen de escenarios. Fuente: HOMER.

A partir de esta tabla se concluye que los escenarios tienen un comportamiento muy similar entre ellos, esto se debe a dos razones:

- La propia definición del escenario: puede observarse el enorme parecido que se da entre todos aquellos escenarios que contienen al mismo tipo de edificio, ya sea tipo 1 o 2, debido a su elevada influencia de la demanda.
- La limitación espacial: debido a la máxima potencia de la instalación renovable que cabe sobre los distintos tipos de edificios.

En esta tabla se ve que los edificios de tipo 1 tienen una superficie de techo menor que la de los edificios de tipo 2, todo lo contrario ocurre con la residencia de ancianos, cuya capacidad de potencia a instalar es mucho mayor.

Se ha comprobado, escenario a escenario, que el día de máximos excedentes es el mismo para todos los escenarios -excepto para el escenario que define al edificio tipo 2 que incluye al bazar y la residencia de ancianos- variando la magnitud de este excedente en función de la demanda, de manera que cualquier escenario tendrá unas características intermedias entre el de tipo 1

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

(con una mayor fracción renovable y mayores excedentes) y el de tipo 1 + supermercado (con la menor fracción renovable de entre ellos y más bajos excedentes).

El siguiente par de imágenes representan el comportamiento en estos dos escenarios límite:

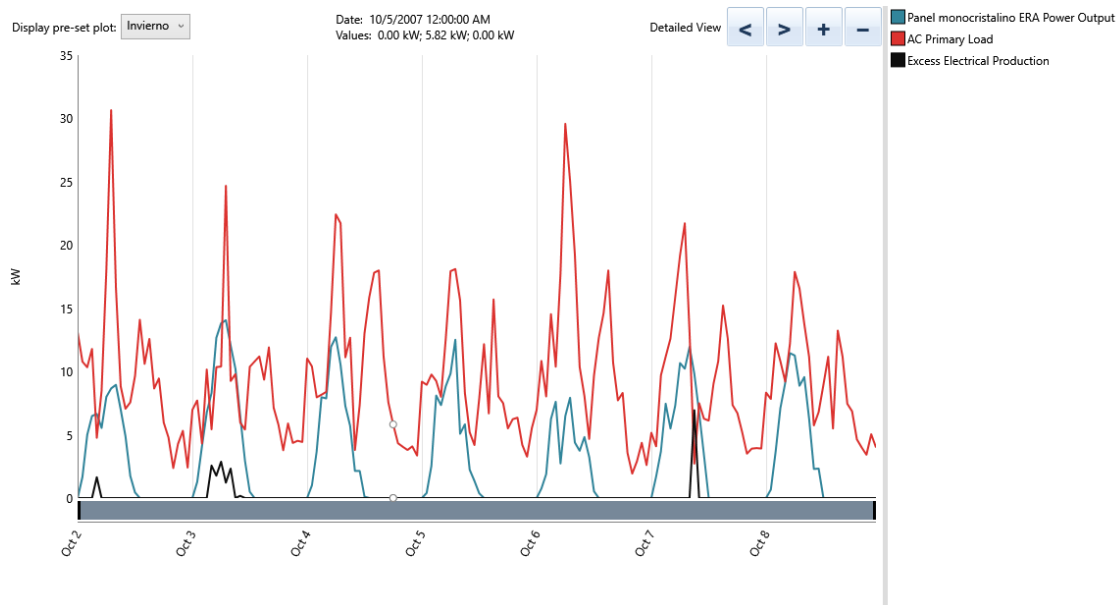


Ilustración 60 Edificio tipo 1. Comportamiento en días de máximo excedente. Fuente: HOMER.

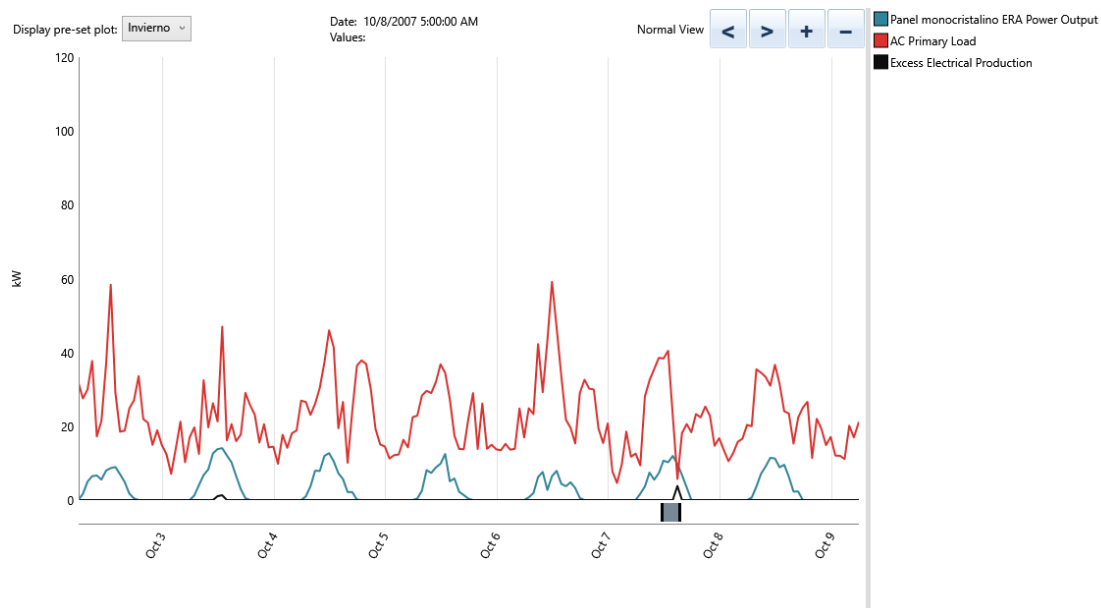


Ilustración 61 Edificio tipo 1 + Supermercado. Comportamiento en un día de máximo excedente. Fuente: HOMER.

En este caso el excedente se debe a un descenso puntual de la demanda. Esto se puede evitar variando la curva de consumo de los usuarios, como ya se ha dicho otras veces. Sin embargo, cuando la demanda supera a la generación, el excedente que pueda haber se deberá a la limitación de la potencia de conversión del inversor. Esto ocurre, por ejemplo, en el día de máxima demanda del escenario que incluye al edificio tipo 2 con el bazar, cuya fracción renovable es la más baja de todos los escenarios, lo que disminuye el riesgo de que el excedente se deba a la inferioridad de la demanda frente a la generación.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

La ilustración 64 muestra gráficamente lo que se acaba de explicar respecto a las pérdidas debidas al inversor: a pesar de que la demanda supere a la generación hay excedentes debido a la limitación de potencia a la salida del inversor.

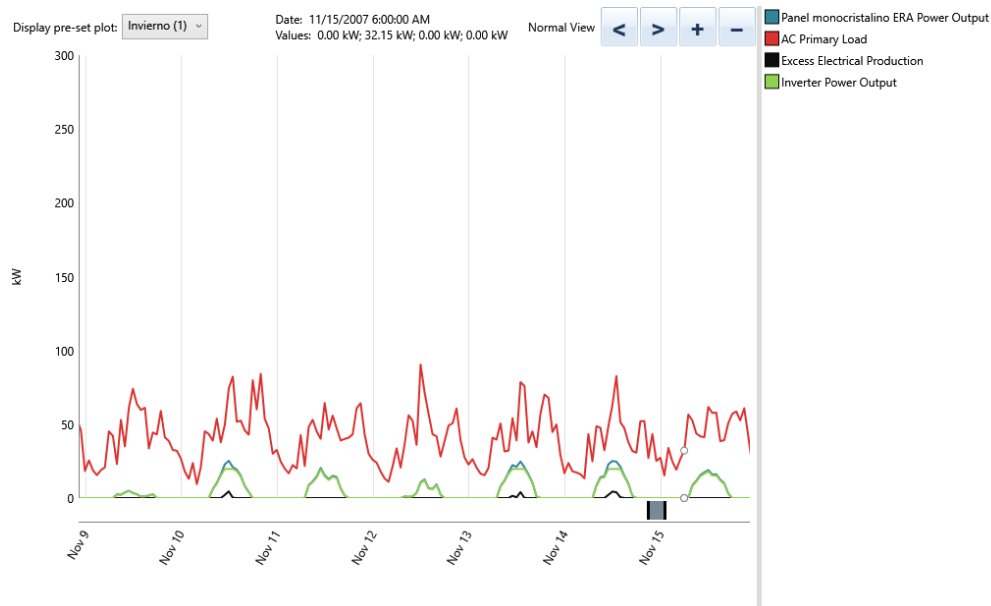


Ilustración 62 Edificio tipo 2 + Bazar. Comportamiento en un día de máxima demanda. Fuente: HOMER.

El comportamiento de la instalación a realizar sobre la residencia de ancianos es diferente a la del resto de escenarios debido a la gran superficie de techo que posee potencialmente válida para colocar en ella los paneles fotovoltaicos.

Durante los días de máxima demanda, los excedentes se deben a las limitaciones del inversor, sin embargo, durante los meses de invierno se dan días de máximos excedentes con picos que llegan a los 10kW. La principal causa de que esto ocurra es el gran desfase que hay entre generación y consumo durante este periodo.



Ilustración 63 Residencia de ancianos. Comportamiento en un día de máxima demanda. Fuente: HOMER



## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

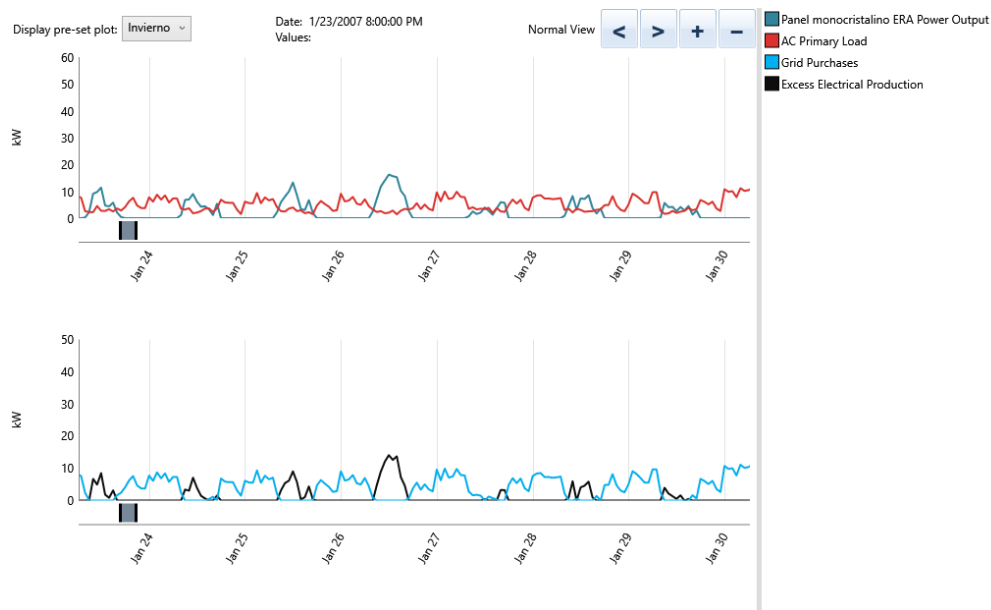


Ilustración 64 Residencia de ancianos. Comportamiento en un día de máximos excedentes. Fuente: HOMER.

De igual manera en todos los escenarios, en los días de máxima demanda -así como en todos los demás- la cobertura de la demanda que la energía renovable no sea capaz de dar, se realizará mediante compras a la red.

### 5.2.5 Conexión distribuida con excedentes

La conexión con excedentes en generación distribuida supone una ligera mejora de las características económicas y ambientales respecto a la generación sin excedentes.

La configuración del escenario es prácticamente igual que para la conexión distribuida con excedentes: cada edificio tiene su propia instalación fotovoltaica.

Puesto que se quiere permitir el vertido de excedentes a la red, las instalaciones fotovoltaicas se conectarán a la red de baja tensión del edificio sobre el que se sitúen. Con el fin de poder contabilizar la cantidad de energía que se compra y vende a la red, es necesario que se instale - en caso de no haberlo- un contador bidireccional.

Esta conexión, aunque también de carácter sencillo, sí que necesita solicitar permisos de acceso y conexión a la red, ya que se va a realizar un intercambio de energía con la red.

El excedente se verterá mediante una compensación simplificada de excedentes, ya que se trata de instalaciones de menos de 100kW.

Al igual que en el caso anterior, debido al gran número de escenarios definidos para calcular este apartado, se muestra a continuación una tabla resumen de los resultados obtenidos:

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

	Renovables (%)	FV (kW)	Inversor (kW)	VAN (€)	€/kWh	Compra de la red (kWh)	Venta a la red (kWh)	Excedentes (%)
<b>Tipo 1</b>	20%	15	12	134.301	0,088	94.320	311	0,082
<b>Tipo1 + Supermercado</b>	11%	15	12	256.575	0,086	206.410	8	0,048
<b>Tipo1 + Frutería</b>	18%	15	12	147.348	0,087	106.708	80	0,099
<b>Tipo 1 + Carnicería</b>	18%	15	12	148.977	0,087	107.651	106	0,075
<b>Tipo 1 + Pequeño comercio</b>	17%	15	12	159.315	0,089	114.468	85	0,067
<b>Tipo 1 + Restauración</b>	18%	15	12	152.529	0,089	108.826	116	0,070
<b>Tipo 2 + Bazar</b>	10%	24	20	461.985	0,091	351.530	3	0,028
<b>Tipo 2 + Pequeño comercio</b>	12%	24	20	379.973	0,090	285.704	24	0,046
<b>Tipo 2 + Restauración</b>	12%	24	20	372.826	0,090	279.752	29	0,047
<b>Residencia</b>	59%	52	39	82.434	0,045	58.471	40.569	1,35

Tabla 21 Generación distribuida con excedentes. Resumen de escenarios. Fuente: HOMER.

En esta tabla se aprecia la similitud entre escenarios con y sin excedentes. La principal diferencia reside en, como ya se ha comentado, la reducción de los excedentes debido a las ventas a la red. Estos excedentes son prácticamente despreciables, excepto el 1,35% de la generación que suponen los de la residencia de ancianos que, aunque todavía bajos, ya comienzan a suponer unas pérdidas considerables.

El comportamiento de la instalación es, excepto para la residencia de ancianos, prácticamente igual a la generación sin excedentes, simplemente que la electricidad excedentaria será aprovechada para su venta a la red eléctrica.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

La energía perdida (excedentes) en este escenario es la debida a la falta de conversión del inversor de corriente continua a alterna. Por esta razón, en el caso del edificio 2 con el bazar, la venta a la red es casi nula, ya que, como se había explicado, para la mayoría de los casos los excedentes de este escenario son debidos al inversor y, por tanto, en ningún caso aprovechables. Estos excedentes son casi despreciables y poco frecuentes.

La siguiente figura muestra un detalle de excedentes debidos al inversor para el escenario del edificio tipo 2 con el bazar:

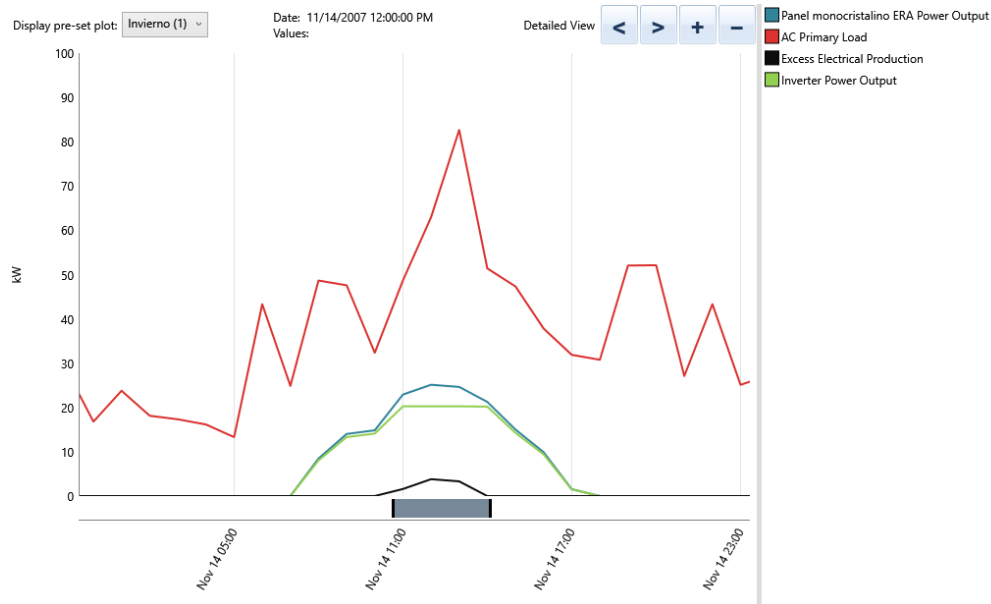


Ilustración 65 Edificio tipo 2 + Bazar. Comportamiento en un día de máximos excedentes. Fuente: HOMER.

Las ventas a la red son muy puntuales en estos escenarios, el día de máxima venta coincide, precisamente, con el día de máximos excedentes que se definía para el resto de los escenarios, lo que significa que, para el resto de los días los excedentes se deben únicamente al inversor:

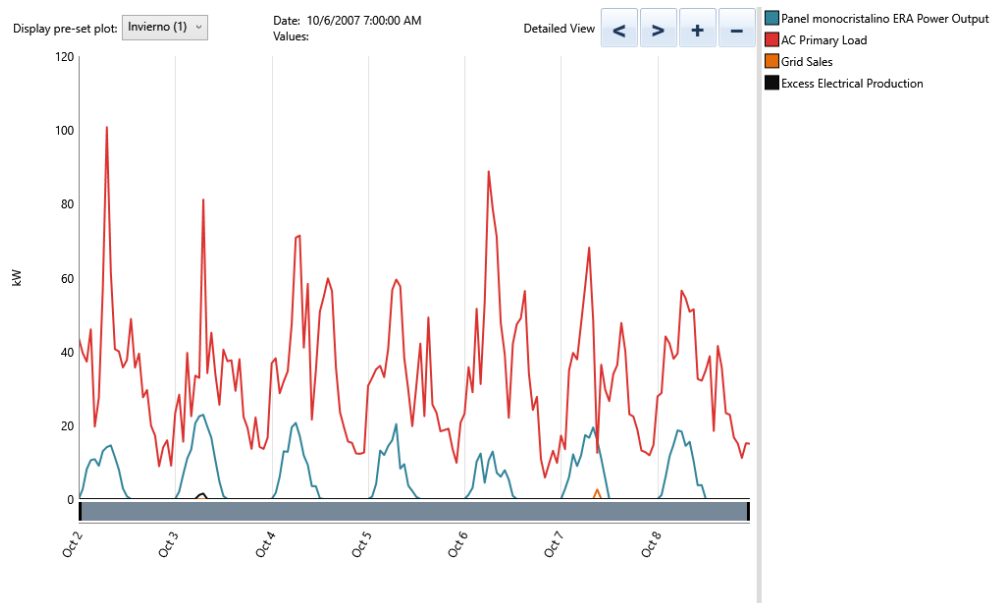


Ilustración 66 Edificio tipo 2 + Bazar. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER.

## Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Para el resto de los escenarios, excepto la residencia de ancianos se ha comprobado que, efectivamente, el día que antes se definía como de máximos excedentes será ahora el de venta máxima a la red. Teniendo los edificios tipo 1 independientes una venta superior al edificio tipo 1 con el supermercado, debido a que su fracción renovable es superior. El resto de los escenarios se encuentra, al igual que el apartado anterior, en algún punto entre estos dos escenarios.

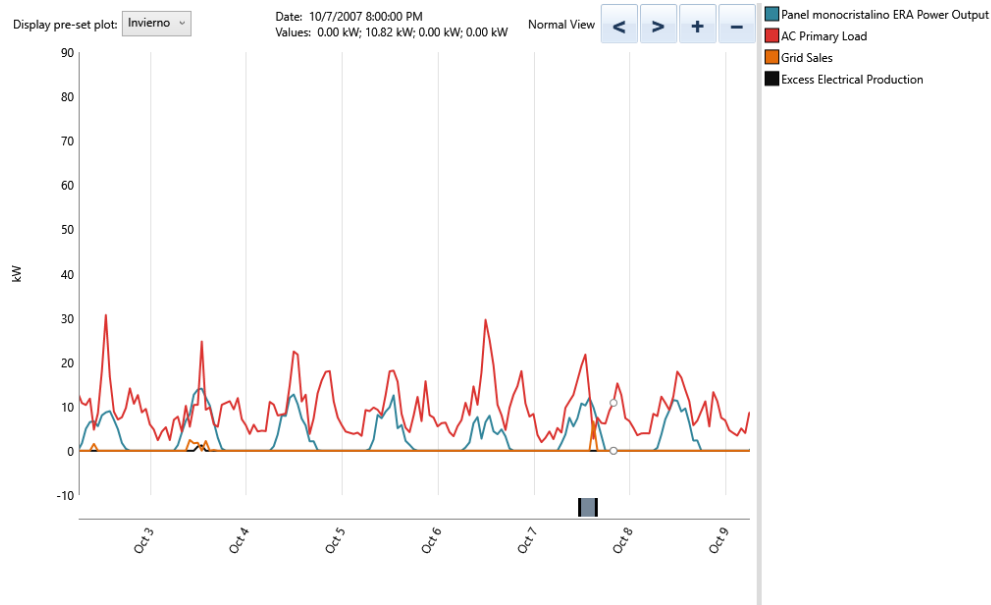


Ilustración 67 Edificio tipo 1. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER.

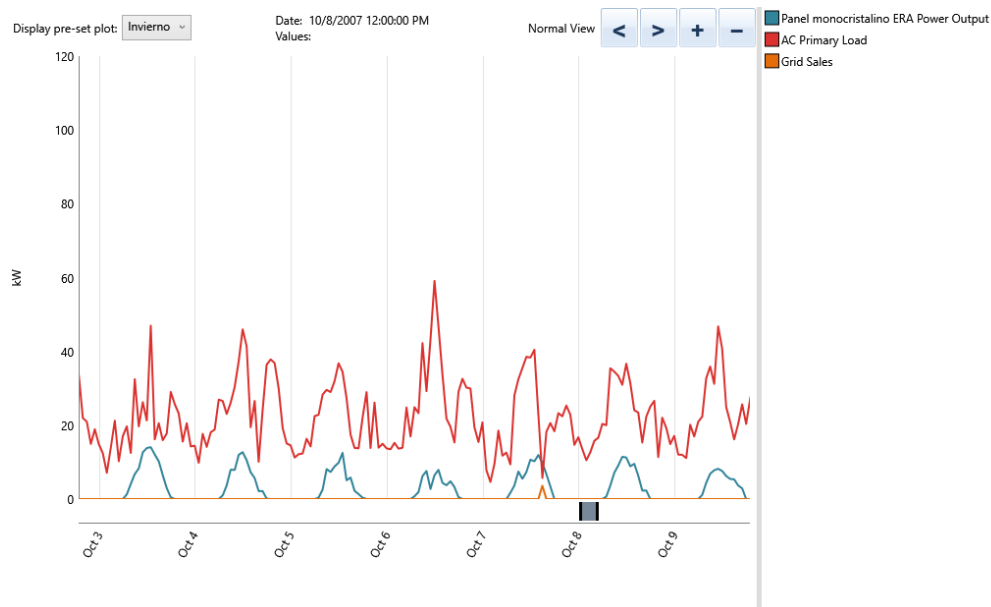


Ilustración 68 Edificio tipo 1 + Supermercado. Día de máxima venta a la red. Fuente: HOMER.

En la residencia de ancianos, al no suponer una restricción la máxima potencia fotovoltaica a instalar, pero sí de la venta pico máxima a la red, se tiene una mayor cantidad de excedentes respecto al resto de escenarios.

Estos excedentes aparecen principalmente en los días de invierno, donde la demanda es muy baja en comparación a la generación y los excedentes llegan a alcanzar picos de hasta cerca de 20kW. Se puede ver a continuación, el comportamiento del sistema durante aquellos días en

que los excedentes son máximos y que coincide, con el día en que los excedentes eran máximos en el escenario de conexión sin excedentes.

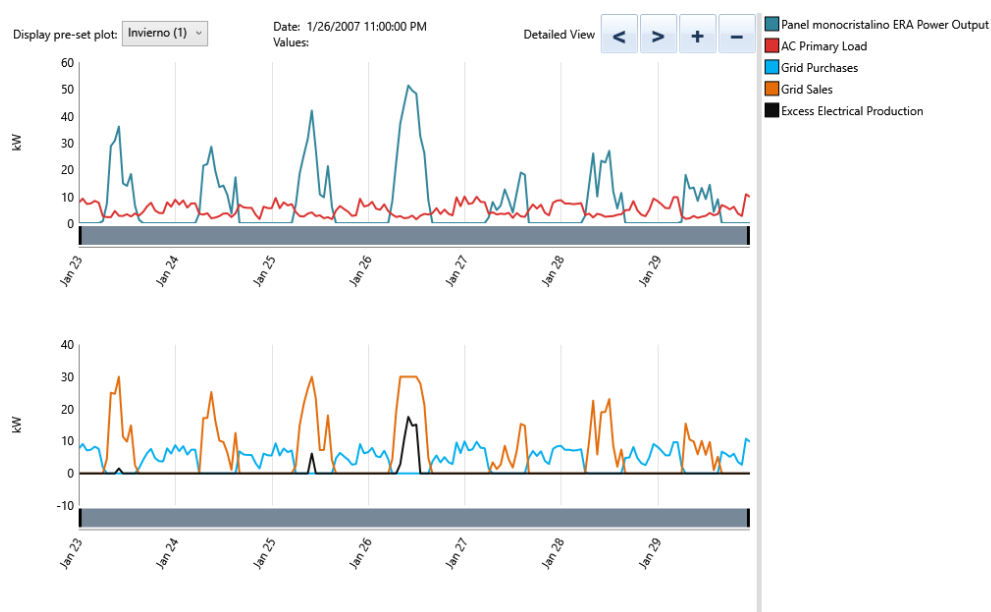


Ilustración 69 Residencia de ancianos. Día de máxima demanda y máximos excedentes. Fuente: HOMER.

De todos estos escenarios, se concluye que la forma en que se comporta la instalación es sencilla y predecible: la generación renovable aparece durante las horas de sol, aumentando durante los meses de verano, y mientras esta generación no cubra la demanda en su totalidad, la red se encargará de conseguirlo. En aquellos momentos en los que la generación supera a la demanda, la energía excedentaria se venderá o se desperdiciará en caso contrario, esto no ocurrirá en el caso de que los excedentes se deban a la capacidad del inversor o al límite de ventas a la red, en cuyo caso los excedentes se perderán.

A continuación, se va a redactar la razón de selección de uno u otro escenario.

### 5.3 SELECCIÓN DEL MEJOR ESCENARIO

#### 5.3.1 Comparación de escenarios

El escenario BAU, a pesar de que no necesita una inversión inicial, tras los 25 años del proyecto tiene un VAN mayor que en cualquier otro escenario, con lo que queda asegurado que todas las propuestas son una alternativa válida para su implantación. Es necesario ahora ver cuál de ellos tiene un mayor interés y así decantarse por el más conveniente.

A grandes rasgos, las diferencias entre cada alternativa son las que siguen:

Respecto a la centralización o descentralización de la generación, los escenarios que proponen una instalación única para toda la zona cuentan con un mayor porcentaje de renovables. La principal razón por la que hay tanta diferencia entre los resultados de generación centralizada y distribuida es la limitación de potencia a instalar debida a la limitación de superficie sobre los tejados-detallada para la definición de la tecnología fotovoltaica, en el apartado 5.1.3.1-.

Si se mira desde el punto de vista del tipo de conexión, una conexión con excedentes permite un mayor uso de renovables gracias a la posibilidad de aprovechamiento de los excedentes.

Evaluación de configuraciones híbridas para abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

Una mayor fracción renovable permite un descenso en los costes asociados al proyecto, ya que reduce la necesidad de compra energética a la red.

Esta generación renovable pasa de un 60,4% en generación centralizada con excedentes y un 30,9% en generación distribuida sin excedentes, hasta un 19% si la generación es distribuida y con excedentes y un 16% si la conexión es sin excedentes. Esto se refleja en unos valores actuales netos que pasan de 6.234.807€ y 7.462.006€ a 8.074.870€ y 8.092.684€, respectivamente.

Los escenarios de generación centralizada suponen una potencia instalada mucho mayor que en los escenarios de generación distribuida, en los que la suma de la potencia instalada para el total de los edificios no llega a sumar la mitad de la potencia a instalar en el escenario de demanda centralizada sin excedentes (655kW fotovoltaicos y 535kW en inversores si las conexiones son con excedentes y 629kW fotovoltaicos y 515kW de inversores en conexión sin excedentes descentralizada). De ahí que haya tanta diferencia entre la fracción renovable de una forma de generación a otra.

A continuación, aparecen resumidas las características de los distintos escenarios:

Tipo de conexión	Con excedentes		Sin excedentes		Escenario BAU (sólo red eléctrica)
	Centralizada	Distribuida	Centralizada	Distribuida	
Forma de generación	Alquiler	Propiedad del usuario	Alquiler	Propiedad del usuario	
Superficie					
Paneles solares (kW)	3.590	20	1.424	18	-
Inversor (kW)	2.676	16	1.128	14	-
VAN (€)	6.234.807*	8.074.870*	7.462.006	8.092.684	11.206.660
€/kWh	0,060	0,085	0,085	0,088	0,128
Capital inicial (€)	2.963.353	558.424	1.184.923	536.746	-
Fracción renovable	60,4%	19,0%	30,9%	16,0%	0,0%
Compras anuales (kWh)	3.711.493	5.967.783	4.689.471	5.984.602	6.787.905
Ventas anuales (kWh)	2.593.224	31.316	-	-	-

Tabla 22 Resumen de las características de los escenarios propuestos. Fuente: HOMER.

\*Valores resultantes de agregar el VAN calculado por HOMER y el producto del número de años de duración del proyecto (25 años) por el beneficio total calculado por HOMER a lo largo de un año debido a aquellos meses en que el coste de las ventas es superior a la compra de la red.

En esta tabla, la superficie -alquiler o propiedad del usuario- hace referencia al emplazamiento destinado para la instalación. Como se ha descrito en el apartado de metodología, si la demanda

es centralizada, la instalación deberá realizarse en una zona que tenga suficiente espacio como para albergar la potencia fotovoltaica a instalar, para lo que será necesario el ‘alquiler’ de un espacio destinado a ello. En el caso de generación distribuida, las instalaciones se realizarán sobre los edificios, ‘propiedad del usuario’.

### 5.3.2 Justificación de la selección de escenario

Para poder seleccionar el escenario más apropiado, se han analizado las características más determinantes de cada uno de ellos:

Conexión	Con excedentes		Sin excedentes	
	Centralizada	Distribuida	Centralizada	Distribuida
Generación				
Superficie	Alquiler	Propiedad del usuario	Alquiler	Propiedad del usuario
Económico	VAN: 6.023.696€ €/kWh: 0,050	VAN: 8.074.870€ €/kWh: 0,085	VAN: 7.462.006€ €/kWh: 0,085	VAN: 8.092.684€ €/kWh: 0,088
Legal	Contador bidireccional Permiso de acceso y conexión	Contador bidireccional Permiso de acceso y conexión	Mecanismo antivertido Creación de una red interior	Mecanismo antivertido
Técnico	Venta como estación generadora Alquiler	Venta a la empresa suministradora Compensación simplificada	Estación independiente de la red Alquiler	Estación independiente de la red
Ambiental (%renovables)	60,4%	19,0%	30,9%	16,0%

Tabla 23 Características principales de los escenarios propuestos. Fuente: HOMER y elaboración propia.

La ventaja económica y ambiental de la configuración con excedentes para una generación centralizada pone este escenario en el punto de mira a primera vista. Sin embargo, se ha querido analizar un poco más a fondo las diferentes posibilidades para asegurar y justificar mejor la selección del escenario.

A nivel técnico, la centralización de la demanda tiene varios inconvenientes:

- Para implantar un autoabastecimiento colectivo, es necesario realizar una distribución de cargas entre cada uno de los participantes. A pesar de que hay autoconsumo colectivo en todas las alternativas, a más participantes en una misma instalación, más complicado será establecer esta distribución. Actualmente no se permite que la distribución de cargas se realice en función de la generación y el consumo instantáneo, sino que el porcentaje de generación que le corresponde a cada uno de los usuarios en todo momento debe estar previamente establecido (Real Decreto 244/2019, 2019).

- Puesto que en la demanda centralizada la instalación a implantar es de grandes dimensiones, es necesario alquilar una superficie sobre la que realizarla. Esto es posible según como se ha explicado en el capítulo de la metodología. Sin embargo, es otro trámite añadido que, además, lleva consigo un aumento en el coste de la instalación que dependerá del acuerdo que se haga con el propietario de la superficie a alquilar.

A nivel legal, la centralización también lleva consigo varios inconvenientes:

- En el caso de centralizar la demanda, al ser la instalación de tan elevada potencia, deberá de darse de alta como estación generadora. Si se quiere verter a la red, la venta se hará a precio de mercado, debido a su consideración como estación generadora. En este caso la instalación con excedentes se considerará productora, lo que permite la compensación de excedentes.
- Se debe solicitar un permiso de acceso y conexión de la instalación a la red en caso de querer realizar una conexión con excedentes. Este permiso no siempre se concede y depende de la capacidad de la red en el punto de conexión.

A pesar de que la tendencia global es a crear barrios autoabastecidos en los que todos sus habitantes formen una pequeña red a través de la cual puedan comprar o vender electricidad entre vecinos, en España esta tendencia aún no parece haber llegado. La falta de un modelo supone otro obstáculo para la generación centralizada.

Sin embargo, sería posible realizar un primer escenario de conexión descentralizada el cual podría ir evolucionando progresivamente. Por ejemplo, una primera ampliación sería la conexión entre edificios vecinos para el vertido de excedentes cuya ventaja se ha visto en el apartado de descripción de los escenarios.

A pesar de la voluntad de conseguir un escenario con el mayor porcentaje posible de contribución renovables y debido a las complicaciones técnicas y legales que suponen una generación centralizada, así como la falta de un modelo arraigado en España, se ha decidido que el escenario más propicio para su implantación es aquel cuya energía renovable proceda de instalaciones descentralizadas. Por todo esto, se ha decidido descartar las posibilidades de una generación centralizada.

También la posibilidad de ampliación de la red y de conexión progresiva entre vecinos ha sido un factor importante en la decisión. Se trata, por tanto, de un escenario dinámico que mira hacia la evolución futura.

Los escenarios que restan proponen realizar instalaciones por edificios, de manera independiente entre cada uno de ellos.

Si se comparan las tablas número 20 y 21, puede observarse que la instalación sobre los diferentes escenarios prácticamente no varía entre un tipo de conexión y otra.

La residencia de ancianos no cumple con lo dicho, de hecho, gracias a su mayor capacidad para albergar paneles fotovoltaicos, la diferencia entre una conexión sin excedentes y una conexión con excedentes es notoria, pasando de un 22% de abastecimiento renovable a un 59%, respectivamente; con sus consecuentes ahorros económicos.

A nivel técnico y legal, no se necesitan permisos de acceso y conexión en el caso de una conexión sin excedentes, sí que es necesaria en el caso contrario. La venta a la red, al tratarse de



instalaciones de menos de 100kW podrá realizarse con compensación, es decir, la venta se haría sin necesidad de un contrato con la empresa suministradora.

Como se puede ver, ventajas y desventajas de una forma de conexión, son de poca importancia debido a que se trata de instalaciones más pequeñas y sencillas.

Para el caso de la residencia de ancianos, cuya instalación es además de autoconsumo individual (lo que evita la necesidad de un reparto de cargas) es claro que compensa realizar una conexión con excedentes, con esto se consigue que más de la mitad del consumo de este edificio sea de carácter limpio y renovable.

Puesto que principal la diferencia entre escenarios es la solicitud o no de un permiso de acceso y conexión que permite aprovechar los excedentes renovables para que los puedan usar otras personas y, a la vez, compensar ligeramente las compras de la red se ha decidido optar por una conexión con excedentes para el resto de los edificios.

Teniendo en cuenta que las emisiones debidas a la energía procedente de la Red Eléctrica España son de 200g de CO<sub>2</sub>/kWh, según indica en su propia web (Red Eléctrica de España, 2019) y que en el escenario BAU se habrían comprado de la red 6.787.905kWh al final del periodo de vida del proyecto mientras que en el propuesto habrían sido 5.967.783kWh, se están evitando 164 toneladas de dióxido de carbono.

La diferencia del coste por kWh de estos escenarios frente a los costes del escenario BAU, a la larga suponen un ahorro de, en cifras globales, tres millones de euros, considerando el precio de las instalaciones al final de su periodo de uso. Esto, unido al aumento del porcentaje de renovables desde un 0% hasta un 19%, muestra el éxito del trabajo realizado.

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES**

El presente TFG surge ante la promoción de mejora que se está dando en Valencia con relación a Benicalap y la calidad de vida de sus habitantes.

Este barrio se encuentra en la agenda del proyecto europeo Grow Green, promovido por la Unión Europea y que busca mejorar diferentes aspectos de la ciudad mediante “soluciones basadas en la naturaleza” (Las naves, 2020).

Para lograr la mejora de las características ambientales y sociales de la zona, se ha llevado a cabo un proyecto de análisis de sus rasgos energéticos para buscar aquel escenario que permita que la energía que se consuma sea más limpia y accesible.

Para ello, y tras un largo estudio a cerca de los modelos de consumo residencial y de diferentes colectivos del sector servicios, se ha realizado un cálculo minucioso de la demanda de la zona con el fin de poder analizar la mejor combinación para su abastecimiento.

Para poder hacer una primera propuesta de escenarios, se han tenido que analizar previamente los recursos y las tecnologías disponibles, valorándose diferentes posibilidades de entre las cuales finalmente se ha optado por utilizar únicamente la energía solar fotovoltaica unida a la red eléctrica preexistente.

La proposición de escenarios ha seguido el siguiente recorrido:

- I. En una primera instancia, se valoró el cálculo de una generación centralizada con aprovechamiento de energía solar, eólica y bioenergía. Este escenario permitió descartar rápidamente la posibilidad de integración de la bioenergía debido a su baja eficiencia energética para la producción eléctrica.
- II. Tras ello, se optó por dar la opción de una demanda disgregada o una centralizada, suponiendo una superficie suficiente para la implantación de la generación renovable, pues quería comprobarse hasta qué punto compensaba la su implantación. En este punto se descartó la generación eólica debido también a su baja eficiencia, esta vez por la escasez del recurso.
- III. Simulado el escenario de generación centralizada, se optó por calcular otro escenario de demanda disgregada, esta vez teniendo en cuenta la limitación de espacio, de manera que se evitasen posibles necesidades de alquiler de nuevos espacios para la implantación renovable distribuida.
- IV. Una vez calculados todos los escenarios deseados, la comparación y selección del óptimo se hizo de entre los escenarios con generación centralizada (con y sin excedentes) y los escenarios de generación por edificios de manera individual y sobre sus propios tejados (tanto con excedentes como sin ellos). Para este análisis se tuvieron en cuenta factores económicos, técnicos, legales y ambientales, así como la influencia de la situación actual de autoconsumo en España.

A nivel económico y ambiental, convendría implantar una configuración centralizada. Sin embargo, la complejidad a la hora de su instalación, así como la falta de desarrollo de modelos semejantes en el país, afectaron a la elección hasta el punto de haberse decantado finalmente por la descentralización.

El escenario seleccionado para la consecución de una mejora energética para los vecinos de Benicalap consiste en un autoconsumo colectivo por edificios con una conexión a red con excedentes.

Este escenario logra que, al cabo de 25 años, se haya ahorrado un total de tres millones de euros respecto a los que habría costado la obtención eléctrica en un escenario BAU y una fracción renovable que alcanza un 19% de la electricidad consumida.

Este cambio supone un impulso hacia la consecución de ciudades cada vez más sostenibles.

## **CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA**

- AEE. (2019). *Asociación Empresarial Eólica*. Obtenido de [www.aeeolica.org](http://www.aeeolica.org)
- Agencia Estatal de Meteorología. (1981-2010). *AEMET*. Obtenido de [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- Apuntes de Introducción a las Energías Renovables. (2020). *UPV*.
- Apuntes de Tecnología Energética. (Curso 2019). *UPV*.
- Asociación de Empresas de Energías Renovables. (Mayo de 2020). *APPA*. Obtenido de Minieólica: [www.appa.es](http://www.appa.es)
- Ayuntamiento de Valencia. (2014). *Estudio del barrio de Ciutat Fallera*. Valencia.
- Ayuntamiento de Valencia. (2017). *Estudio del barrio de Benicalap*. Valencia.
- Bioplat*. (2014). Obtenido de [www.bioplat.org](http://www.bioplat.org)
- Catastro de Bienes Inmuebles. (2016). Ayuntamiento de Valencia.
- Catastro inmobiliario*. (junio de 2020). Obtenido de [www1.sedecatastro.gob.es](http://www1.sedecatastro.gob.es)
- Comisión Europea. (2014). *Web oficial de la Unión Europea*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_es)
- Comunidad de Madrid. (2005). *Guía de ahorro energético en residencias y centros de día*. Madrid: Madrid Ahorra con Energía.
- Cuchí, A., Arcas-Abella, J., & Pagès-Ramon, A. (2017). *Estudio de la distribución del consumo energético residencial para la calefacción en España*.
- Esteban, D. (2020). *Curvas de Carga. Factores que caracterizan su comportamiento*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/305141854/Curvas-de-Carga-Factores-Que-Characterizan-Su-Comportamineto>
- Generalitat Valenciana. (2016). *Datos energéticos de la Comunitat Valenciana*. IVACE.
- Generalitat Valenciana. (2016). *Plan Integral de Fomento de la Biomasa Residual Agrícola y Forestal para Uso Térmico*. Valencia.
- IDAE. (2006). *Energía solar térmica*.
- IDAE. (2011). *Consumos del Sector Residencial en España*. Proyecto SECH-SPAHOUSEC.
- IDAE. (2011). *Plan de Energías Renovables*. Madrid.
- IDAE. (junio de 2020). *Balances de energía final (1990-2018)*. Obtenido de [www.idae.es](http://www.idae.es)
- Las naves*. (junio de 2020). Obtenido de Proyecto Grow Green: <https://www.lasnaves.com/proyectos/grow-green/?lang=es>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Borrador actualizado del Plan Nacional Integrado del Clima y la Energía 2021-2030*.

*New World Wind*. (junio de 2020). Obtenido de [www.newworldwind.com](http://www.newworldwind.com)

Norma UNE. (2015). EN ISO 16559.

Orden IET/107/2014. (2014). BOE.

Padrón Municipal de Habitantes. (2019). Ayuntamiento de Valencia: Oficina de Estadística.

Proyecto PYME Energy CheckUp. (s.f.). *PyME Energy Check UP*. Obtenido de [www.energycheckup.eu](http://www.energycheckup.eu)

*Quiet Revolution Company*. (junio de 2020). Obtenido de [www.quietrevolution.com](http://www.quietrevolution.com)

Real Decreto 244/2019. (2019). En *BOE*.

Red Eléctrica de España. (1998). *Proyecto INDEL*. Atlas de la demanda eléctrica española.

*Red Eléctrica de España*. (2019). Obtenido de Estructura de la generación: [www.ree.es](http://www.ree.es)

Red Eléctrica de España. (2019). *Previsiones de cierre de año de Red Eléctrica*. Entrelíneas.

Red Eléctrica de España. (junio de 2020). *Sistema de información del operador del sistema*. Obtenido de [www.esios.ree.es](http://www.esios.ree.es)

*Som Energia*. (Junio de 2020). Obtenido de [www.somenergia.coop](http://www.somenergia.coop)

*Vortex Bladeless*. (junio de 2020). Obtenido de [www.vortexbladeless.com](http://www.vortexbladeless.com)



# **PRESUPUESTO**





El presupuesto es una parte básica en la realización de trabajos, ya que no solo permite conocer el precio final de un proyecto, sino que sirve como justificación del mismo. Así mismo, constituye una sencilla explicación de la forma en que se ha desarrollado el trabajo.

En el presente apartado, el lector puede ver detalladamente el tiempo que se ha dedicado a cada paso. De esta manera, se puede conocer el valor real de cada uno de los apartados al quedar patente la distribución de esfuerzos que se ha llevado a cabo.

Para la realización del presupuesto se ha utilizado la herramienta Arquímedes, estudiada en la asignatura de 'Proyectos'.

La mano de obra que ha participado en el proyecto y su correspondiente gasto asociado es la siguiente:

- Ingeniera Industrial: 75€/h.
- Graduada en Ingeniería Industrial: 30€/h.

Los costes directos complementarios se han establecido en una media del 3%.

Al precio total de ejecución material (PEM) deben añadirse:

- Gastos generales, que suponen un 12% adicional
- Beneficio industrial, un 6% del PEM.

La suma de los tres valores supone el presupuesto de ejecución por contrata o presupuesto de inversión.

El presupuesto base de licitación es el resultado de añadir al presupuesto de inversión un 25% adicional debido al IVA.

## V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible del  
barrio de Benicalap

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 Análisis del contexto</b>				
1.1	1.1	h	Estudio de la situación energética actual y su evolución temporal pasada y esperada	
	10,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	300,000 €
				<b>309,00 €</b>
1.2	1.2	h	Estudio de la normativa actual vigente y tendencias a futuro	
	25,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	750,000 €
				<b>772,50 €</b>
1.3	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
	1,000	h	Ingeniera Industrial	75,000 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 €
				<b>108,15 €</b>
1.4	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 €
				<b>30,90 €</b>

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 Documentación y recogida de datos</b>				
2.1	2.1	h	Recogida de documentación sobre la historia, situación actual y características del emplazamiento	
	4,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 120,00 €
			3,000 % Costes indirectos	120,000 € 3,60 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>123,60 €</b>
2.2	2.2	h	Estudio de los recursos energéticos disponibles	
	13,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 390,00 €
			3,000 % Costes indirectos	390,000 € 11,70 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>401,70 €</b>
2.3	2.3	h	Recopilación y análisis de datos experimentales sobre los recursos	
	17,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 510,00 €
			3,000 % Costes indirectos	510,000 € 15,30 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>525,30 €</b>
2.4	2.4	h	Estudio de las tecnologías disponibles y de desarrollo incipiente	
	15,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 450,00 €
			3,000 % Costes indirectos	450,000 € 13,50 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>463,50 €</b>
2.5	2.5	h	Estudio de mercado, situación actual de las tecnologías y tendencias de desarrollo próximo	
	33,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 990,00 €
			3,000 % Costes indirectos	990,000 € 29,70 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>1.019,70 €</b>
2.6	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
	1,000 h		Ingeniera Industrial	75,000 € 75,00 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 € 3,15 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>108,15 €</b>
2.7	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 € 0,90 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>30,90 €</b>

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>3 Análisis de la información recogida</b>				
3.1	3.1	h	Selección y definición de tecnologías viables	
	16,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 480,00 €
			3,000 % Costes indirectos	480,000 € 14,40 €
<b>Precio total por h .....</b>				<b>494,40 €</b>
3.2	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
	1,000	h	Ingeniera Industrial	75,000 € 75,00 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 € 3,15 €
<b>Precio total por h .....</b>				<b>108,15 €</b>
3.3	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000	h	Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 € 0,90 €
<b>Precio total por h .....</b>				<b>30,90 €</b>

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>4 Estudio de la demanda energética</b>				
4.1	4.1	h	Análisis de bases de datos e información estadística sobre el consumo energético	
	20,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	600,000 €
				<b>618,00 €</b>
4.2	4.2	h	Cálculos para la aproximación teórica a la demanda	
	25,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	750,000 €
				<b>772,50 €</b>
4.3	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
	1,000 h		Ingeniera Industrial	75,000 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 €
				<b>108,15 €</b>
4.4	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 €
				<b>30,90 €</b>

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>5 Uso del software HOMER</b>				
5.1	5.1	h	Estudio del funcionamiento del software	
	12,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 360,00 €
			3,000 % Costes indirectos	360,000 € 10,80 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>370,80 €</b>
5.2	5.2	h	Introducción de la información en el programa	
	30,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 900,00 €
			3,000 % Costes indirectos	900,000 € 27,00 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>927,00 €</b>
5.3	5.3	h	Simulación y primera selección de resultados	
	15,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 450,00 €
			3,000 % Costes indirectos	450,000 € 13,50 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>463,50 €</b>
5.4	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
	1,000 h		Ingeniera Industrial	75,000 € 75,00 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 € 3,15 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>108,15 €</b>
5.5	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 € 0,90 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>30,90 €</b>

Proyecto: Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible d...  
 Promotor:  
 Situación:

V Presupuesto: Anejo de justificación de precios

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>6 Selección de la mejor alternativa</b>				
6.1	6.1	h	Definición del escenario seleccionado	
	6,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 180,00 €
			3,000 % Costes indirectos	180,000 € 5,40 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>185,40 €</b>
6.2	Reunio...	h	Reuniones con la tutora sobre el proceso de realización del TFG	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
	1,000 h		Ingeniera Industrial	75,000 € 75,00 €
			3,000 % Costes indirectos	105,000 € 3,15 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>108,15 €</b>
6.3	Redac...	h	Redacción sintetizada de la información	
	1,000 h		Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales	30,000 € 30,00 €
			3,000 % Costes indirectos	30,000 € 0,90 €
			<b>Precio total por h .....</b>	<b>30,90 €</b>



## V - Presupuesto

Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap

## Capítulo N° 1 Análisis del contexto

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	H	Estudio de la situación energética actual y su evolución temporal pasada y esperada			
		Total h :	1,000	309,00	309,00
1.2	H	Estudio de la normativa actual vigente y tendencias a futuro			
		Total h :	1,000	772,50	772,50
1.3	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	1,000	108,15	108,15
1.4	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	6,000	30,90	185,40
		Parcial N° 1 Análisis del contexto :			<u>1.375,05</u>

## Capítulo N° 2 Documentación y recogida de datos

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	H	Recogida de documentación sobre la historia, situación actual y características del emplazamiento			
		Total h :	1,000	123,60	123,60
2.2	H	Estudio de los recursos energéticos disponibles			
		Total h :	1,000	401,70	401,70
2.3	H	Recopilación y análisis de datos experimentales sobre los recursos			
		Total h :	1,000	525,30	525,30
2.4	H	Estudio de las tecnologías disponibles y de desarrollo incipiente			
		Total h :	1,000	463,50	463,50
2.5	H	Estudio de mercado, situación actual de las tecnologías y tendencias de desarrollo próximo			
		Total h :	1,000	1.019,70	1.019,70
2.6	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	2,000	108,15	216,30
2.7	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	12,000	30,90	370,80
Parcial N° 2 Documentación y recogida de datos :					<u>3.120,90</u>

### Capítulo N° 3 Análisis de la información recogida

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	H	Selección y definición de tecnologías viables			
		Total h :	1,000	494,40	494,40
3.2	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	5,000	108,15	540,75
3.3	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	5,000	30,90	154,50
Parcial N° 3 Análisis de la información recogida :					1.189,65

## Capítulo N° 4 Estudio de la demanda energética

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	H	Análisis de bases de datos e información estadística sobre el consumo energético			
		Total h :	1,000	618,00	618,00
4.2	H	Cálculos para la aproximación teórica a la demanda			
		Total h :	1,000	772,50	772,50
4.3	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	3,000	108,15	324,45
4.4	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	10,000	30,90	309,00
Parcial N° 4 Estudio de la demanda energética :					2.023,95

## Capítulo N° 5 Uso del software HOMER

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	H	Estudio del funcionamiento del software			
		Total h :	1,000	370,80	370,80
5.2	H	Introducción de la información en el programa			
		Total h :	1,000	927,00	927,00
5.3	H	Simulación y primera selección de resultados			
		Total h :	1,000	463,50	463,50
5.4	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	3,000	108,15	324,45
5.5	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	5,000	30,90	154,50
Parcial N° 5 Uso del software HOMER :					2.240,25

## Capítulo N° 6 Selección de la mejor alternativa

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	H	Definición del escenario seleccionado			
		Total h :	1,000	185,40	185,40
6.2	H	Reuniones con la tutora			
		Total h :	3,000	108,15	324,45
6.3	H	Redacción sintetizada de la información			
		Total h :	4,000	30,90	123,60
Parcial N° 6 Selección de la mejor alternativa :					633,45

Evaluación de configuraciones híbridas para el abastecimiento eléctrico sostenible del barrio de Benicalap  
Presupuesto de ejecución por contrata

Capítulo	Importe
1 Análisis del contexto .....	1.375,05
2 Documentación y recogida de datos .....	3.120,90
3 Análisis de la información recogida .....	1.189,65
4 Estudio de la demanda energética .....	2.023,95
5 Uso del software HOMER .....	2.240,25
6 Selección de la mejor alternativa .....	633,45
Presupuesto de ejecución material	10.583,25
12% de gastos generales	1.269,99
6% de beneficio industrial	635,00
Suma	12.488,24
21% IVA	2.622,53
Presupuesto de ejecución por contrata	15.110,77

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de QUINCE MIL CIENTO DIEZ EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS.