



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE BALANCE NETO PARA USO DOMÉSTICO

León, 26 de junio de 2014

Autor: Rodrigo Fuertes Nuño
Tutor: Miguel de Simón Martín

El presente proyecto ha sido realizado por D. Rodrigo Fuertes Nuño, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Graduado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Miguel de Simón Martín, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. Rodrigo Fuertes Nuño
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Miguel de Simón Martín
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Grado, se estudiará la viabilidad de un sistema de balance neto fotovoltaico para su uso doméstico. Se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

Conocer la actualidad energética española en Europa y sus posibilidades en cuanto a fuentes de energía se refiere, su mercado eléctrico, el mix energético y la dependencia exterior de la energía.

Se examinará la actualidad normativa del sector eléctrico para las energías renovables, así como su historia y su posible futuro.

El concepto de balance neto o net metering será analizado profundamente. Se proporcionará su marco legal, así como las leyes que definen en el sector eléctrico español. Las modalidades de balances netos, los aspectos constructivos, y los elementos necesarios para su correcto funcionamiento. Se describirán los aparatos constituyentes de este tipo de instalación y su función dentro del total, así como su actividad.

Se hará una breve comparación de la actualidad española del net metering nacional con el resto de Europa e incluso con otros países del resto del mundo.

La instalación sobre la que se va a realizar la colocación de las placas fotovoltaicas será descrita, tanto el lugar de emplazamiento, como la potencia instalada, la tarifa contratada con los precios de la energía.

Se realizarán los cálculos oportunos para obtener la parcela solar, número de paneles a instalar para poder cubrir la demanda propuesta y todas las demás operaciones necesarias para una correcta conexión de todos los aparatos.

Se calculará el presupuesto total, los precios unitarios y las mediciones para conocer los gastos que tendremos en la nueva obra, desglosados para un mejor entendimiento.

Se analizará la posible rentabilidad del proyecto a un plazo de tiempo medio, habiendo calculado los consumos actuales de la vivienda y conociendo los consumos con la instalación solar, calculando la energía vertida y haciendo casos hipotéticos de posibles retribuciones por ventas.

Se concluirá analizando la construcción o no de este tipo de sistema en nuestra localización y estudiando mejoras para hacer que sea más rentable.

ABSTRACT

In this final year dissertation, the feasibility of a photovoltaic net balance system for home use will be studied. It aims to achieve the following objectives:

To identify the current situation of Spanish energy in Europe and its potential regarding energy sources, electricity market, the energy mix and the dependence on external energy sources.

To examine the current rule of the electricity sector for renewable energy as well as its history and potential future

To analyse in depth the concept of net balance or net metering. A legal framework will be provided, as will the laws that are defined in the Spanish electricity sector. The conditions of net balances, aspects related to construction and elements necessary for proper functioning. The system components of this kind of installation and its role are described, as well as its operation.

To provide a brief comparison between current Spanish national net metering and the rest of Europe and even other countries from around the world.

To describe the installation on which to perform the positioning of the solar panels, such as the placement, installed capacity and the contracted rate with energy prices.

To make appropriate calculations in order to obtain a solar plot, the number of panels to meet requirements and any other necessary operations for proper connection of the entire system.

To calculate the total budget, the unit prices and measurements in order to know the costs of the new work, broken down for easier understanding.

To analyse the potential profitability of the project , having already calculated the current household consumption and already knowing the consumption of a solar system, by calculating the energy transferred and making hypothetical cases regarding potential income from sales.

To conclude by analysing whether or not to construct this type of system in our location and studying improvements in order to make it more profitable

ÍNDICE

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Situación energética en España	2
2	NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO.....	6
2.1	Normativa actual.....	6
2.2	HISTORIA Y ACTUALIDAD DE LAS RENOVABLES.....	8
2.3	Aspectos legales balance neto	12
3	BALANCE NETO	17
3.1	CONCEPTO.....	17
3.2	FUNCIONAMIENTO BALANCE NETO FOTOVOLTAICO.....	18
3.3	MODALIDADES BALANCE NETO FOTOVOLTAICO	19
3.4	ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO FOTOVOLTAICO	21
3.5	BALANCE NETO EN ESPAÑA	24
3.6	EXTRANJERO.....	24
4	INSTALACIÓN	26
4.1	LUGAR DE INSTALACIÓN	26
4.2	POTENCIA INSTALADA.....	27
4.3	POTENCIA CONTRATADA	28
4.4	MÉTODO DE CÁLCULO	29
4.5	ASPECTO CONSTRUCTIVO	38
5	PRESUPUESTO.....	39
5.1	MEDICIONES.....	39
5.2	PRECIOS UNITARIOS	41
5.3	MEDICIONES, PRECIOS UNITARIOS Y SUMATORIOS.....	43
5.4	PEAJE DE RESPALDO.....	45
5.5	COSTES DE MANTENIMIENTO.....	45
5.6	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	45

6	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	46
6.1	CONSUMO ACTUAL	46
6.2	INSTALACIÓN SOLAR	50
6.3	ESTUDIO ECONÓMICO	52
7	CONCLUSIONES.....	54
	Lista de referencias.....	56
	Bibliografía	57
	ANEXO I. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE EJEMPLO DE CÁLCULO	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mercado mundial de energía primaria consumida en 2013	1
Figura 1.2. Dependencias energéticas europeas	2
Figura 1.3. Evolución de la dependencia energética española	3
Figura 1.4. Mix eléctrico español 2012	3
Figura 1.5. Energía primaria en España 2012	4
Figura 1.6. Consumo de energía final 2012	5
Figura 3.1. Funcionamiento de balance neto	19
Figura 3.2. Placas integradas con inclinación de la cubierta	20
Figura 3.3. Placas integradas con distinta inclinación que la cubierta	20
Figura 3.4. Placas solares apartadas	20
Figura 3.5. Instalación domestica con aerogenerador	21
Figura 3.6. Esquema funcionamiento de una instalación de balance neto	23
Figura 4.1. Situación de la instalación	26
Figura 4.2. Superficie de la vivienda	27
Figura 4.3. Gancho K2 para tejado de pizarra	38
Figura 6.1. Perfil de consumo diario	47
Figura 6.2. Perfil de consumo mensual	48
Figura 6.3. Coste total de la energía actualmente	49
Figura A.1. Ficha técnica paneles solares	58
Figura A.2. Ficha técnica paneles inversor	59
Figura A.3. Ficha técnica regulador	60
Figura A.4. Ficha técnica contador bidireccional	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Elementos eléctricos en nuestra instalación	27
Tabla 4.2. Precio del kWh con discriminación horaria	28
Tabla 4.3. Características necesarias del inversor	29
Tabla 4.4. Consumo en horas/día de los elementos eléctricos	29
Tabla 4.5. Consumo diario de los elementos	30
Tabla 4.6. Días de los meses	30
Tabla 4.7. Consumo mensual	30
Tabla 4.8. Tabla de factor de corrección k para latitud 42º (León)	31
Tabla 4.9. Tabla de factor H para León	31
Tabla 4.10. HSP para León	32
Tabla 4.11. Irradiación solar para cada inclinación, todos los meses del año	32
Tabla 5.1. Cantidad de paneles y montaje	39
Tabla 5.2. Cantidad de estructuras (ganchos K2)	39
Tabla 5.3. Cantidad de inversores	39
Tabla 5.4. Cantidad de equipos de regulación y control	40
Tabla 5.5. Metros de cable para conexionado	40
Tabla 5.6. Licencia de obra	40
Tabla 5.7. Dirección de obra	40
Tabla 5.8. Precio unitario del módulo solar	41
Tabla 5.9. Precio unitario de la estructura	41
Tabla 5.10. Precio unitario del inversor	41
Tabla 5.11. Precio unitario del equipo de regulación y control	42
Tabla 5.12. Precio unitario de los cables de conexión	42
Tabla 5.13. Precio unitario de la licencia de obra	42
Tabla 5.14. Precio unitario de la dirección de obra	42
Tabla 5.15. Precio total del módulo solar	43
Tabla 5.16. Precio total de la estructura	43
Tabla 5.17. Precio total del inversor	43
Tabla 5.18. Precio total del equipo de regulación y control	44
Tabla 5.19. Precio total del cableado de conexiones	44
Tabla 5.20. Precio total de la licencia de obra	44
Tabla 5.21. Precio total de la dirección de obra	44

Tabla 5.22. Presupuesto general	45
Tabla 6.1. Consumo de potencia diario en kWh/día	46
Tabla 6.2. Consumo mensual de potencia mensual en kWh/mes	47
Tabla 6.3. Consumo de potencia mensual en día y noche	48
Tabla 6.4. Coste de la energía mensualmente	48
Tabla 6.5. Costes totales mensuales, sin IVA	49
Tabla 6.6. Costes totales mensuales, con IVA	49
Tabla 6.7. Consumo diario y mensual de los aparatos	50
Tabla 6.8. Consumo por periodo tarifario mensual	50
Tabla 6.9. Producción diaria de los paneles	50
Tabla 6.10. Producción mensual de los paneles	51
Tabla 6.11. Balance mensual	51
Tabla 6.12. Supuestas ganancias por energía vertida	52
Tabla 6.13. Costes por potencia	52
Tabla 6.14. Totales de gastos	52
Tabla 6.15. TIR	53
Tabla 7.1. TIR con supuestas ganancias	54

1 INTRODUCCION

Uno de los mayores desafíos a los que la humanidad deberá hacer frente en el presente siglo XXI, es sin duda alguna, proporcionar un acceso universal a la energía, de forma que consiga que este mundo sea seguro, limpio y sostenible. [1]

Bien conocido es el término **desarrollo sostenible**, por el que se hace referencia a la forma de desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Intuitivamente, una actividad sostenible es aquella que se puede mantener.

Esta es la definición que nace del **Informe Brundlandt**, que lleva como título *Nuestro futuro común*, durante la **Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas** en 1987. [2]

Existen otras muchas definiciones interesantes propuestas por personalidades tan importantes como D. Pearce (Embajador de Grecia), A. Markandya (Profesor de Economía) y E.B. Barbier (Profesor de Economía y Finanzas) en la cual se escenifica que en una sociedad sostenible no debe haber:

- un declive no razonable de cualquier recurso
- un daño significativo a los sistemas naturales
- un declive significativo de la estabilidad social

Sabiendo que, al ritmo que consumimos las energías no renovables procedentes del interior de la tierra, se agotarán los suministros en un plazo corto-medio (aunque probablemente se haya exagerado, gracias al continuo descubrimiento de nuevas reservas y a una aplicación cada vez mayor de las tecnologías avanzadas de exploración) debemos darle mucha más importancia a las *energías limpias*.

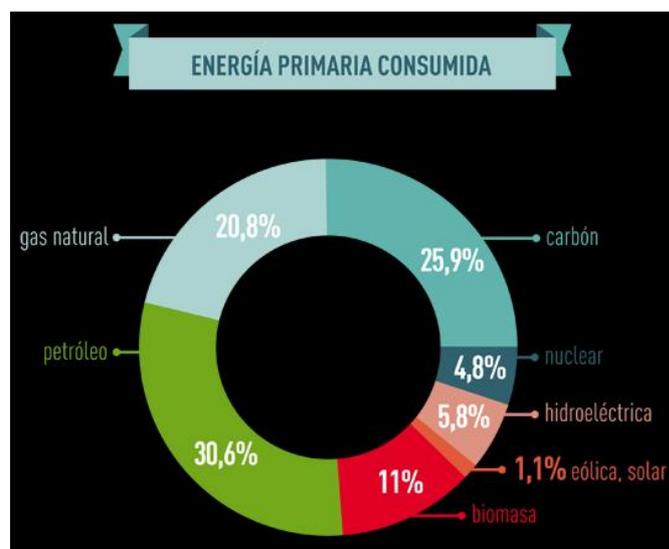


Figura 1.1. Mercado mundial de energía primaria consumida en 2013. Fuente: [3]

1.1 Situación energética en España

Históricamente, nuestro país siempre ha sido casi en su totalidad dependiente externamente de energías ya que los mayores porcentajes de consumos son en fuentes que no tenemos para explotar en nuestro territorio.

Actualmente, con la instalación de *energías verdes* tales como la solar, eólica, biomasa, hidráulica, etc. el porcentaje de dependencia energética afortunadamente ha disminuido hasta el 73,3% bastante por encima aún que la media europea.

Dependencia Energética

Proporción de energía que cada país importa. Datos de 2012.

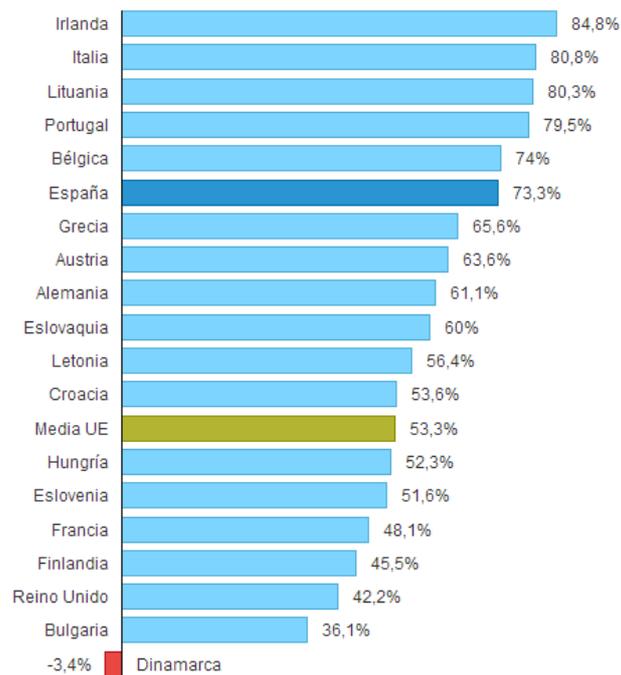


Figura 1.2. Dependencias energéticas europeas. Fuente: [4]

Aun así, empleando la metodología Eurostat para medir el **indicador de dependencia energética**, se observa una mejora continuada desde 2008. Ese año, de hecho, llegó a situarse en el 75,6%. El máximo se alcanzó en el año 2006, en plena burbuja inmobiliaria, cuando se rozó el 82%. O lo que es lo mismo, únicamente el 18% de la energía consumida en España era entonces de producción nacional. La crisis económica explica en parte esta mejora, toda vez que en los años de expansión la dependencia no dejó de crecer. Y justo lo contrario ha sucedido desde 2008.

La alta dependencia energética de España del exterior explica en buena medida el enorme **déficit comercial**. Hasta el extremo de que, entre enero y noviembre del año pasado, ascendió a 53.045 millones. La cifra es abultada, pero representa un descenso del 10% respecto del año anterior. Básicamente, por la apreciación del euro, ya que el precio del **petróleo** (el principal componente de la factura energética) ha permanecido prácticamente igual, en el entorno de los 108 dólares barril tipo **Brent**.

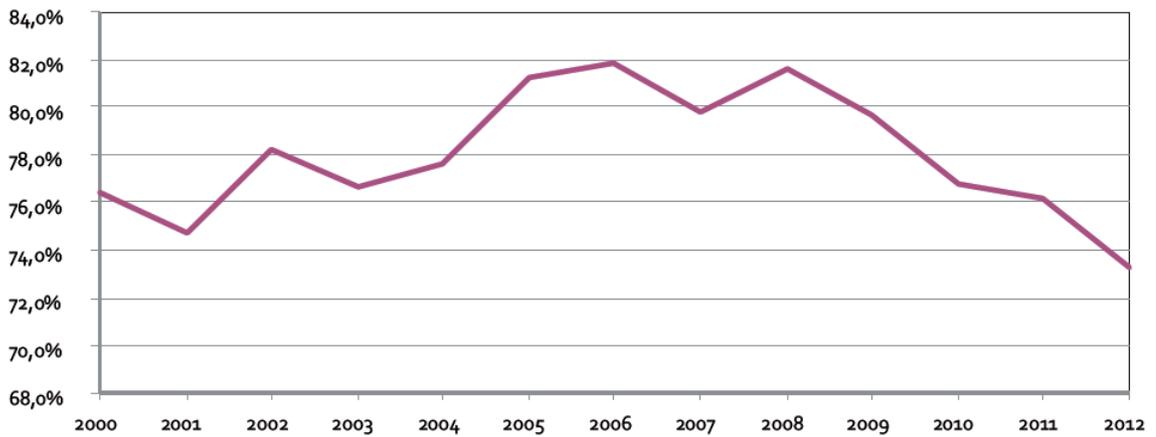


Figura 1.3. Evolución de la dependencia energética española. Fuente: [5]

También es necesario incluir el término **mix energético**, por el que se define la combinación de las diferentes fuentes de energía que cubren el suministro eléctrico en un país determinado. Teniendo unos valores aproximados a:

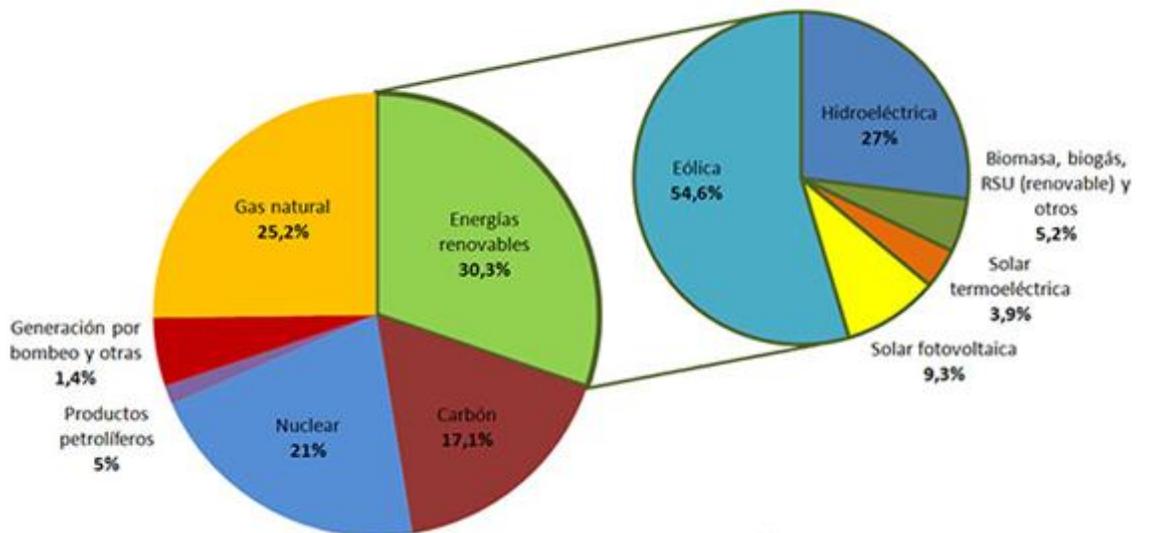


Figura 1.4. Mix eléctrico español 2012. Fuente: [6]

En el mix energético del 2012, se puede observar cómo las renovables suponen el 30,3% de la generación eléctrica (compuesta a su vez por 54,6% de eólica, 27% de hidroeléctrica, 9,3% de solar fotovoltaica, 5,2% de biomasa, biogás, RSU y otros y un 3,9% de solar termoeléctrica), siendo con ese valor la primera fuente de generación en el mix.

Aunque estos datos son positivos, en un futuro no se espera llegar a las metas propuestas para el 2020.

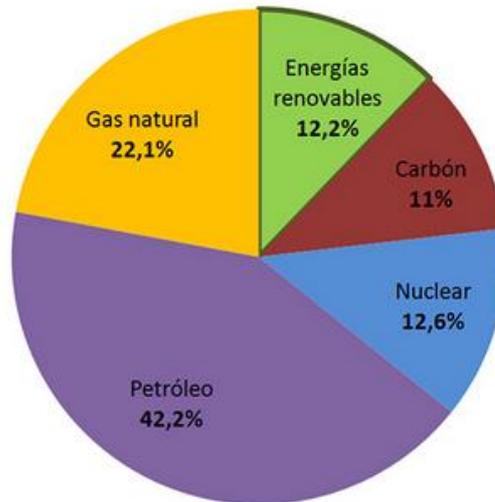


Figura 1.5. Energía Primaria en España 2012. Fuente: [7]

Referenciamos energía primaria a toda la forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser transformada o convertida para poder utilizarla. Una vez transformada, ha de modificarse posteriormente en una fuente de energía secundaria para poder ser utilizada.

En el gráfico anterior, observamos cómo el 12,2% de la energía primaria utilizada en nuestro país proviene de energías renovables. Mientras que el 87,8% restante corresponde al uso de otro tipo de combustibles como son: los de origen fósil (en su mayoría petróleo y gas natural y en menor medida el carbón) y una pequeña parte de nucleares.

Aún se está lejos de los objetivos internacionales, como los que se marcaron en la cumbre del **Protocolo de Kioto**. Por el que se proponía que para el año 2020, al menos un 20% de las energías consumidas en un país fueran renovables.

Mientras que por otro lado, tenemos la energía secundaria o final que es el producto de las transformaciones físicas o químicas que hace que la energía primaria sea apta para el consumo final. Comúnmente se consideran productos secundarios los productos petrolíferos (gasolinas, diesel, kerosenos, GLP), gas de refinería, carbón vegetal, electricidad, etc.

En el gráfico siguiente se puede apreciar como el grueso de la proporción de consumo de energía final en el 2012 fue a parar para productos petrolíferos con un 51,3%, seguido del 23,1% en electricidad, un 16,9% en gas, 7% en renovables y solamente un 1,4 para el carbón y 0,3 para los usos derivados del carbón.

Gráfico del que se puede concluir, que la energía final que necesitan las renovables es mínima comparada con otras fuentes como es el gas y los productos petrolíferos.

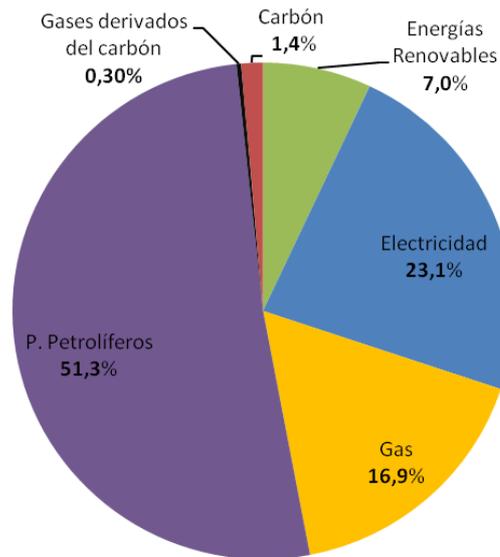


Figura 1.6. Consumo de energía final 2012. Fuente [5]

Uno de los datos que contrasta con el resto de países de la Unión Europea, es que la intensidad energética española ha experimentado una evolución peculiar y poco deseable en los últimos años mientras que el resto de países de nuestro entorno económico han mantenido una tendencia decreciente en la intensidad energética.

Este término se puede definir como la relación entre el consumo energético y el producto interior bruto de un país, que se puede interpretar como la cantidad de unidad de energía necesarias para producir una unidad de riqueza por lo que:

- Una intensidad energética alta, indica un elevado coste en la conversión de energía en riqueza. Se consume mucha energía, para obtener un bajo PIB
- Intensidad energética baja, indica un coste pequeño, consumición de poca energía para la obtención de un alto PIB.

2 **NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO**

Últimamente, hemos vivido una serie de cambios significativos en nuestro mercado eléctrico debido a un tiempo convulso precedido por las continuas subidas del precio de la luz por parte del gobierno y las eléctricas, subastas energéticas abusivas, nuevas leyes y nuevos sistemas de facturación.

Todo ello, como debe ser, para un buen conocimiento del consumidor, está recogido en una serie de Leyes y Reales Decretos que intentan dar forma y explicar un sector tan complejo como es el eléctrico.

2.1 **Normativa actual**

Las leyes que actualmente están en vigencia que controlan y determinan el mercado eléctrico (tanto su producción como su venta) son [3]:

- LEY 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico
- LEY 66/1997, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social
- LEY 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos
- LEY 50/1998, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social
- LEY 9/2001, de 4 de junio, por la que se modifica la disposición transitoria sexta de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico
- LEY 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social
- LEY 53/2002, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social
- LEY 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad
- LEY 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad
- LEY 11/2009, de 26 de octubre, por la que se regulan las Sociedades Anónimas Cotizadas de Inversión en el Mercado Inmobiliario
- LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio
- LEY 17/2013, de 29 de octubre, para la garantía del suministro e incremento de la competencia en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares
- LEY 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico

Como los tiempos cambian, las leyes también deben cambiar, por lo que a medida que se hacen oficiales unas más modernas, van modificando y reformando leyes y propuestas antiguas en las que no había cabida para las tecnologías ni economías que tenemos hoy en día.

En cuanto a los Reales Decretos más interesantes tendríamos:

- Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico
- RD 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica
- RD 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- Real Decreto-Ley 20/2012, de 28 de diciembre, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad
- Real Decreto-Ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero
- Real Decreto-Ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico

Al igual que ocurre con las leyes, los Reales Decretos más recientes, modifican y transforman apartados o conjuntos enteros de apartados de los más antiguos, adaptándose a la aparición de nuevas tecnologías y a los problemas económicos que cada vez son más comunes en nuestra sociedad.

Conjuntamente, esta legislación está acompañada de dos borradores aun sin documento oficial que serían:

- Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía con balance neto
- Propuesta de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo

2.1.1 Cambio Ley Sector Eléctrico

De toda esta legislación, cabe reseñar que la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico deroga casi en su totalidad la Ley 54/2007, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico. Este documento se limita a exponer la nueva regulación del régimen retributivo de las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, incluidas en el denominado hasta ahora régimen especial de producción de energía eléctrica.

No se habla de "régimen especial" sino de instalaciones de producción con retribución específica. Este cambio se debe a la notoria situación del déficit tarifario, el deterioro progresivo de la sostenibilidad del sistema eléctrico y la consecuente amenaza de su viabilidad.

Además de cortar las primas a las renovables para poder hacer frente a los más de 4.500 millones de euros anuales de déficit tarifario, acumulando una deuda de 26.000 millones desde 2005, será aumentar el recibo de la luz aproximadamente un 3,2% por el incremento de los famosos peajes (en total unos 900 millones de euros que pagaremos los consumidores) y otros 900 millones saldrán de los presupuestos del Estado.

2.2 HISTORIA Y ACTUALIDAD DE LAS RENOVABLES

Durante los últimos veinte años se ha producido un desarrollo muy importante de las tecnologías de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, que integraban el régimen especial anteriormente denominado. Este crecimiento fue posible, en parte, gracias a la existencia de sucesivos marcos normativos de apoyo que establecían incentivos económicos a la producción eléctrica con estas tecnologías.

La generación de energía eléctrica procedente de fuentes de energía renovables y el aumento de la eficiencia energética constituyen un pilar fundamental para la consecución de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero así como de otros objetivos comunitarios e internacionales, revistiendo a la par, una considerable importancia para el debido fomento de la seguridad del abastecimiento energético, del desarrollo tecnológico y de la innovación.

Al hilo de dicha creciente implantación se ha ido produciendo una simultánea evolución de los marcos de apoyo a fin de procurar su adaptación a las circunstancias concurrentes en cada momento y ello, principalmente en dos sentidos: en primer lugar, permitiendo la participación de estas tecnologías de producción en el mercado, y en segundo lugar, incrementando las exigencias de carácter técnico para permitir al operador del sistema integrarlas en condiciones de seguridad, aumentando su contribución al balance energético del sistema eléctrico. Por otro lado, dicha evolución normativa ha estado también orientada a procurar la adecuada y estricta observancia del principio de rentabilidad razonable de las instalaciones, garantizando a la par la sostenibilidad financiera del sistema.

A principios de los años 80 se realiza el primer marco regulatorio mediante la implantación de la Ley 82/1980 sobre la conservación de la energía, cuyos principales objetivos eran el aumento de la eficiencia energética y la reducción de la dependencia energética.

La norma fundamental que ha regulado estos aspectos ha sido la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, que incluía en su título IV un capítulo dedicado al régimen especial de producción de energía eléctrica conformado por el conjunto de reglas específicas que se aplicaban a la electricidad generada mediante fuentes de energías renovables, cogeneración con alto rendimiento energético y residuos.

Seguidamente con el tiempo, las previsiones legales fueron luego desarrolladas por sucesivas normas reglamentarias. Primeramente se aprobó el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre la producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración, que fue luego modificado por el Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción. Después ambos reales decretos han sido derogados por el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Posteriormente, se aprobó el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, que también derogó la regulación existente en la materia y contenida en el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo. Este real decreto ha estado vigente hasta la aprobación del

Real Decreto-Ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

Todos los hechos cronológicos hasta ahora citados han permitido cumplir con arreglo a las diferentes circunstancias los propósitos que las inspiraban. El rápido crecimiento superó las previsiones que habían presidido su aprobación. Esta circunstancia, unida a la progresiva reducción de los costes tecnológicos, hizo necesario, en garantía tanto del principio de rentabilidad razonable como de la propia sostenibilidad financiera del sistema, que hubieran de acometerse sucesivas correcciones del marco normativo.

El Real Decreto 1795/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, fue aprobado por el crecimiento de la potencia instalada que experimentó la solar fotovoltaica que superó las expectativas del Real Decreto 661/2007. Debido a estas nuevas tecnologías crecientes, se creó un nuevo real decreto-ley, el 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social. A partir de éste, se redactaron otros nuevos documentos por los que se regulaba sobre todo la actividad económica, denominada primas, en este sector.

Pero realmente la normativa que dio un duro golpe a las renovables, fue el Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de diciembre por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico, que además de crear un peaje de generación, limita las horas de funcionamiento con derecho a retribución primada de las plantas fotovoltaicas, idea que fue prolongada por la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.

Consecutivamente de esta normativa de ajustes, se procedió a la aprobación del Real Decreto-Ley 18/2012, de 27 de enero, por el que se llevó a cabo la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y la supresión de los incentivos económicos para las nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de régimen especial.

El penúltimo Real Decreto-Ley aceptado ha sido el 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero, que modificó otros documentos anteriores a él, cambiando los parámetros de actualización de la retribución de las actividades reguladas del sistema eléctrico.

Por último, tenemos el Real Decreto 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

En los sistemas eléctricos en territorios no peninsulares, la demanda eléctrica se cubre, de manera mayoritaria, con tecnologías térmicas de origen fósil, siendo la participación de las fuentes de energía renovables aún modesta. Sin embargo, se da la particularidad, de que en estos sistemas, el coste de generación convencional es mucho más elevado que en el sistema eléctrico peninsular, resultando inferior el coste de generación de las tecnologías fotovoltaica y eólica al de las tecnologías térmicas convencionales. Por lo tanto, la sustitución de generación convencional por generación renovable supondría reducciones de extracoste de generación en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares.

Así, estos sistemas situados en territorios no peninsulares, tienen una nueva disposición adicional mediante la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, por la que se

establece un régimen retributivo específico para las nuevas instalaciones eólicas y fotovoltaicas y las modificaciones de las existentes en estas regiones.

2.2.1 Normativa actual

Según el Ministerio de Industria, Energía y turismo, las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de energía renovables, cogeneración y residuos, reguladas por el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, se establecen tres categorías:

- a) Productores que utilicen la cogeneración u otras formas de producción de electricidad a partir de energías residuales.
- b) Instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las renovables no fósiles: solar, eólica, etc.
- c) Instalaciones que utilicen como energía primaria residuos con valorización energética no contemplados en b), que no cumplan con los límites de consumo establecidos e instalaciones que utilicen licores negros.

Como es normal, las renovables, con el paso del tiempo han crecido en importancia dentro del marco energético español debido sobre todo a varios factores:

- Dependencia energética
- Disminución de emisiones de gases efecto invernadero
- Menor impacto sobre el entorno
- Seguridad de suministro derivado del uso de fuentes autóctonas
- Ahorro en energía primaria
- Ahorro en transporte y distribución de energía por la proximidad entre transporte y consumo
- Apertura de nuevos mercados
- Seguimiento social
- Sector con gran capacidad de desarrollo, lo que incentivaría la investigación

Este sector de la producción de energía normalmente está legislado y constituido dentro de las Leyes y Reales Decretos anteriormente definidos, aunque con los nuevos tiempos y aires de cambio han aparecido reglamentaciones únicas para este tipo de campo:

- RD 1663/2000, de 2 de septiembre, sobre conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión
- RD 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía producida
- RD 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial
- RD 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración
- RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- RD 1578/2008, de 14 de noviembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la

retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología

- RD 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energías eléctricas de tecnología fotovoltaica en régimen especial
- RD 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- Real Decreto-Ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos

Cabe destacar el artículo 13 y el artículo 19 de la Ley 24/2013, por los que dado que entre los costes del sistema está el "régimen retributivo específico de la actividad de generación a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración de alta eficiencia y residuos", y siendo asimismo los productores afectados sujetos del sistema, por todo lo explicado anteriormente, a partir de enero 2014 e independientemente de que se siga pagando a cuenta, no se abonarán las primas como hasta ahora sino que se abonarán de forma proporcional a los ingresos del sistema disponibles.

Con las nuevas medidas regulatorias mediante la anterior Ley, se resume que se establece un nuevo régimen de primas para las renovables y otras plantas de régimen especial, que vayan a recibir un complemento por costes de inversión basándose en su tecnología.

Con el nuevo sistema retributivo, las instalaciones de energías renovables recibirán un retorno de su inversión del 7,5%, contando con especiales incentivos en los territorios de las Islas Canarias y Baleares por lo comentado anteriormente. Mientras que la inversión en redes de transporte y distribución percibirá un retorno del 6,5% de rentabilidad.

Este complejo tema ha producido que las grandes compañías eléctricas se hayan sentido discriminadas con respecto a las renovables, ya que por el nuevo sistema, cambia su régimen de primas, pasando a cobrar retribuciones fijas por megavatio instalado y no por producción como hasta ahora.

En suspensión actualmente está la regulación sobre el balance neto y el autoconsumo para instalaciones de pequeña potencia, ambas mientras se encuentran reguladas por dos borradores:

- Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía eléctrica con balance neto.
- Real Decreto 1966/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

El día 10 de junio de 2014, salió al público un nuevo Real Decreto, el 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, que es en el que nos basaremos para este Trabajo Fin de Grado.

Esta nueva regulación, dice que las instalaciones podrán recibir durante su vida útil regulatoria, adicionalmente a la retribución por venta de la energía valorada al precio del mercado, una retribución específica compuesta por un término por unidad de potencia instalada, que cubra, cuando proceda, los costes de inversión para cada instalación tipo denominada retribución a la inversión, y un término a la operación que cubra, en su caso, la diferencia entre los costes de explotación y los ingresos por la participación en el mercado de producción de dicha instalación tipo, al que se denomina retribución a la operación.

2.3 Aspectos legales balance neto

Al ser una instalación para la generación de energía eléctrica ya sea en mayor o en menor medida, todo el proceso tanto de diseño como de ejecución estará dentro de un marco legislativo bien marcado tanto por el Proyecto de Real Decreto, por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía con balance neto como por el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

2.3.1 Real Decreto 1699/2011

Como es una instalación de baja potencia (menor de 100 kW), nos guiaremos por las pautas del Real Decreto 1699/2011. Para la consecución de nuestro proyecto, debemos actuar de acuerdo a este documento, que en su capítulo II nos marca los pasos a seguir. Los puntos más importantes son:

2.3.1.1 Solicitud de punto de acceso y conexión

El promotor, o en su caso el director de la instalación, solicitará a la empresa distribuidora el derecho de acceso y el punto y condiciones técnicas de conexión necesarias para la realización del proyecto o la documentación técnica de la instalación, según corresponda en función de la potencia instalada.

La solicitud de punto de conexión se acompañará de esta información:

- a) Nombre dirección y teléfono de contacto
- b) Ubicación concreta de la instalación de generación, incluyendo la referencia catastral.
- c) Esquema unifilar de la instalación
- d) Punto propuesto para realizar la conexión. Incluyendo coordenadas UTM.
- e) Propietario del inmueble donde se ubica la instalación.
- f) Declaración responsable del propietario del inmueble dando a conocer su conformidad a la solicitud de punto de conexión si fuera diferente del solicitante.
- g) Descripción de la instalación, tecnología utilizada características técnicas de la misma, entre las que se incluirán las potencias pico y nominal de la instalación, modos de conexión, y en su caso, características del inversor o inversores, descripción de los

dispositivos de protección y elementos previstos, así como los certificados de cumplimiento de los niveles de emisión e inmunidad.

h) Justificante de haber depositado el aval correspondiente ante el órgano de la Administración competente.

2.3.1.2 Pliego de condiciones

En él se definirán los trabajos de refuerzo, adecuación, adaptación o reforma de instalaciones de la red de distribución existente en servicio, siempre que éstos sean necesarios para incorporar las nuevas instalaciones.

Los trabajos necesarios para la conexión de la instalación de generación hasta el punto de conexión con la red de distribución, si lo ha solicitado expresamente el promotor de la instalación de generación.

2.3.1.3 Presupuesto

Presupuesto detallado según el desglose recogido en el pliego de condiciones técnicas de los trabajos correspondientes a esfuerzos, adecuaciones, adaptaciones o reformas de instalaciones de la red de distribución existente en servicio, necesarios para incorporar a las nuevas instalaciones.

Y un segundo presupuesto detallado según el desglose recogido en el pliego de condiciones técnicas de los trabajos necesarios para la conexión de la instalación de generación hasta el punto de conexión con la red de distribución.

2.3.1.4 Obligaciones del titular de la instalación

1. Éste deberá mantener la instalación en perfectas condiciones de funcionamiento, de los aparatos de protección y de las conexiones.

2. En caso de avería en la red o una perturbación importante relacionada con la instalación, el titular si supiera de esta falta alertará de la misma a la compañía suministradora que con el consentimiento del titular haría una inspección de la instalación.

3. El titular se verá obligado a conocer el alcance de la instalación sobre el funcionamiento de la red de distribución. Ésta no deberá perturbar ni incumplir los límites establecidos de compatibilidad electromagnética. La compañía acudirá a la Administración competente para informar del problema y si en un tiempo determinado no se ha resuelto, se procederá a la desconexión de la instalación.

4. En el caso extremo, en el que el titular no hubiera mantenido la instalación en sus correctas condiciones y fuera un riesgo para las personas, causara daños o impidiera el normal funcionamiento de equipos de terceros sería desconectada de inmediato.

5. El titular deberá disponer de un medio de comunicación que interconecte los centros de control de la red de distribución con los responsables del funcionamiento de las instalaciones.

6. Las instalaciones deberán ser revisadas, al menos, cada tres años por técnicos titulados y personal formado. Se realizará un informe para certificar los datos de los reconocimientos.

2.3.1.5 Condiciones técnicas de carácter general

El buen funcionamiento de la instalación, no debe provocar averías en la red común, ni disminuciones de las condiciones de seguridad, ni falta de suministro.

Si por algún caso la línea de distribución se queda desconectada de la red, ya sea por trabajos de mantenimiento en la misma por parte de la empresa suministradora, la instalación no deberá mantener tensión en la línea de distribución.

2.3.1.6 Condiciones de conexión

El objetivo de toda instalación eléctrica debe ser que tenga las menores pérdidas posibles, favoreciendo tanto el mantenimiento de la seguridad como la calidad de suministro.

La contribución de los generadores al incremento o la caída de tensión en la línea de distribución de baja o media tensión, entre el centro de transformación o la subestación de origen donde se efectúe la regulación de la tensión y el punto de conexión, en el escenario más desfavorable para la red, no debe ser superior al 2,5 por ciento de la tensión nominal de la red de baja o media tensión, según corresponda.

El factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0,98 cuando la instalación trabaje a potencias superiores al 25 por ciento de su potencia nominal.

2.3.1.7 Condiciones específicas para la conexión en redes interiores

Dentro de los terrenos del titular, la conexión de la red interior se realizará en el punto más cercano a la caja general de protección, para poder aislar simultáneamente ambas instalaciones del sistema eléctrico.

El titular deberá ser el mismo para todos los equipos de consumo e instalaciones de generación que tuviera conectados en su red.

Este tipo de instalaciones conectadas a una red interior, no podrán ser de potencias superiores a 100 kW, y no podrán superar la capacidad disponible en el punto de conexión a la red de distribución ni la potencia adscrita al suministro.

2.3.1.8 Protecciones

Que cumplan lo previsto en el real decreto y que aseguren tanto la seguridad de las personas como la fiabilidad del sistema. La instalación deberá tener al menos un elemento de corte general que proporcione el aislamiento normalizado, un interruptor automático diferencial con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra, un interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto con un relé de enclavamiento y protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia.

2.3.1.9 Conexiones de puesta a tierra de las instalaciones

Se realizará de forma en la que no se alteren las condiciones de la puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurándose que no existan transferencias de defectos a la red de distribución.

Deberá de existir una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras.

Las masas de la instalación generadora estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con los reglamentos de seguridad establecidos.

2.3.2 Proyecto de Real Decreto

Aunque aún no exista una confirmación legal a este tipo de instalaciones, ahora mismo están reguladas por el Proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía eléctrica con balance neto ya comentado anteriormente.

En él se reflejan los aspectos básicos para un contrato justo del titular con la empresa comercializadora ya que al haber una interactuación entre ambos este aspecto debe estar regulado:

1. El consumidor acogido a la modalidad de balance neto podrá ceder a la empresa comercializadora la energía generada en el interior de su red y que no pueda ser consumida en el punto de suministro o instalación para el que tiene suscrito un contrato de suministro en ese instante.

Esta cesión no llevará aparejada contraprestación económica.

2. La cesión generará unos derechos de consumo diferido, que podrán ser actualizados en cualquier momento durante un plazo máximo de vigencia, que será de 12 meses desde la fecha de generación del derecho.

3. Durante el plazo de vigencia del derecho, la energía adquirida por el consumidor a su empresa comercializadora, se compensará hasta una cuantía igual a los derechos de consumo acumulados, en el mismo periodo tarifario que el peaje de acceso que le resulte de aplicación a los efectos del suministro.

4. La adquisición de la energía por dicha cuantía con cargo a los derechos por consumo diferido únicamente tendrá coste para el consumidor, en concepto de peaje de acceso y coste del servicio de balance neto, sin que pudiera serle imputado coste alguno por la energía suministrada.

5. El precio de la energía suministrada será el libremente pactado entre las partes. El coste del servicio de balance neto es la cantidad que podrá cobrar la empresa suministradora al consumidor acogido a la modalidad de balance neto por las gestiones asociadas al mismo, y será como máximo el establecido por el Ministro de Industria, Turismo y Comercio.

La facturación se realizará mensualmente en base a lectura reales.

El periodo para la compensación de los excedentes coincidirá con el periodo de facturación del mismo.

Las facturas de la empresa comercializadora recogerán el detalle de la energía consumida, generada, y la información asociada a la compensación de los derechos de consumo diferido.

2.3.3 Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión 40

También conocida como ITC-BT-40, legislación de aplicación para instalaciones generadoras, que transforman cualquier tipo de energía no eléctrica en energía eléctrica.

Esta instrucción técnica está destinada a:

- Instalaciones generadoras aisladas: aquellas en las que no puede existir conexión eléctrica alguna con la Red de Distribución Pública.
- Instalaciones generadoras asistidas, aquellas en las que existe una conexión con la Red de Distribución Pública, pero sin que los generadores pueden estar trabajando en paralelo con ella. Mientras que la fuente preferente de suministro podrá ser tanto los grupos generadores como la Red de Distribución Pública, quedando la otra fuente como socorro o apoyo. Para impedir la conexión simultánea de ambas, se debe instalar los correspondientes sistemas de conmutación. Será posible no obstante, la realización de maniobras de transferencia de carga sin corte.
- Instalaciones generadoras interconectadas: aquellas que están, normalmente, trabajando en paralelo con la Red de Distribución Pública.

En este documento tenemos las diferentes condiciones necesarias para la conexión de cada una de las instalaciones antes citadas.

Qué tipo de equipos y características técnicas deberán cumplir para un correcto funcionamiento de todo el sistema.

La forma en que los cables de conexión irán dimensionados para las intensidades así como para las caídas de tensiones.

Forma de onda normalizada, con la correcta tasa de armónicos.

Las protecciones de las maquinas motrices y de los generadores con el fin de reducir y evitar daños de defectos internos o externos a ellos.

Instalación de puesta a tierra con sus diferentes generalidades, y las características de la misma en función del tipo de sistema utilizado.

Cómo se debe poner en marcha.

Así como otras generalidades.

3 BALANCE NETO

3.1 CONCEPTO

Por balance neto o net metering se entiende como el consumo instantáneo o diferido de la energía eléctrica que hubiera sido producida en el interior de la red o de un punto de suministro o instalación titularidad de un consumidor y que estuviera destinada al consumo propio.

Dicha energía es generada mediante fuentes renovables que no se pueden consumir directamente sino que tienen que ser transformadas en electricidad. Los tipos de balance neto dependiendo de la energía pueden ser:

- Balance neto fotovoltaico (tratado en este trabajo)
- Balance neto eólico
- Balance neto mediante biomasa
- Balance neto por cogeneración
- Balance neto por mini hidráulica
- Balance neto por geotermia
- Balance neto mixto (compuesto por dos o más tipos)

Y todos los demás tipos posibles de generación eléctrica mediante fuentes renovables.

Se trata de instalaciones interconectadas destinadas a producir para el propio consumo en la misma ubicación.

No se trata de un generador neto, dado que se apoya en la red para gestionar el desfase entre producción y demanda.

La red absorbe los excedentes de producción, con la participación del comercializador y otros sujetos del sistema.

Los excedentes de energía no son retribuidos de manera directa, sino que son compensados descontándose directamente de la factura del consumidor o bien se permite su utilización futura en el plazo máximo establecido para dicha compensación.

3.1.1 Autoconsumo

No se deben confundir los términos balance neto y autoconsumo, ya que por éste último se entiende que es el consumo horario de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa. Dentro del autoconsumo de energía eléctrica se distinguen dos modalidades:

- Modalidades de suministro de energía eléctrica para consumidores. Esto es, un consumidor que dispusiera de una instalación de generación, destinada al consumo propio, conectada en el interior de la red de su punto de suministro y que no estuviera ni hubiera estado con anterioridad dada de alta en el correspondiente registro como instalación de producción. En este caso existirá un único sujeto de los previstos en el artículo 9 de la Ley 54/2007, de 27 de noviembre, que será el sujeto consumidor.
- Las modalidades de suministro de energía eléctrica de los consumidores asociados a instalaciones de producción que figuren en el registro correspondiente y que estén conectadas en el interior de su red o a través

de una línea directa. En este caso existirán dos sujetos de los previstos en el artículo 9 de la Ley 54/2007, de 27 de noviembre, el sujeto consumidor y el productor.

3.1.1.1 Normativa autoconsumo

Este tipo de autogeneración está regulado por la normativa descrita anteriormente y por un borrador firmado por el Secretario de Estado el 18 de julio de 2013:

- Propuesta de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo

3.2 FUNCIONAMIENTO BALANCE NETO FOTOVOLTAICO

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene a través de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. Este efecto se produce por las placas solares, que están formadas por módulos y éstos a su vez células fotovoltaicas que su interior está formado por una o varias láminas de material semiconductor recubiertas de un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas de calor.

Las células solares fotovoltaicas suelen estar fabricadas de silicio, que es un material bastante eficiente, con un rendimiento del 14-17%, aunque también son más caras de producir por la alta disponibilidad del silicio. Debido a este inconveniente, se están empezando a fabricar unas nuevas denominadas de segunda generación con unos materiales más baratos, lo que da unos rendimientos menores (10-12%).

Este proceso se realiza por los fotones que componen la luz solar, que inciden en las células fotovoltaicas de la placa, creándose de esta forma un campo de electricidad entre las capas. Además no es necesario que haya luz directa, ya que también funciona en días nublados.

La corriente eléctrica generada se da en forma continua y ésta suele transformarse a corriente alterna para poder ser utilizada en nuestros aparatos domésticos. El dispositivo diseñado para ello es el inversor que es el que realiza la transformación, controlando la uniformidad y la calidad de la señal.

La instalación de dichas placas, deberá ser minuciosamente estudiada mediante proyecto ya que será muy importante la colocación sur, la ausencia de sombras que provoquen puntos calientes y una situación que facilite su limpieza, que es una actividad de vital importancia para un correcto funcionamiento del sistema.

Lógicamente, éstas instalaciones generan energía durante el día, en las horas en las que puede aprovechar la energía solar. Si se produce tanta energía como para abastecer las necesidades instantáneas de la vivienda, no se consumirá energía de la red, sino es así, se deberá comprar energía. En el caso de que se genere tanta energía como para abastecer las necesidades de la vivienda y aun así sobre, se verterá a la red. Mediante un contador bidireccional se sabe cuánta energía es vertida, y cuanta comprada.

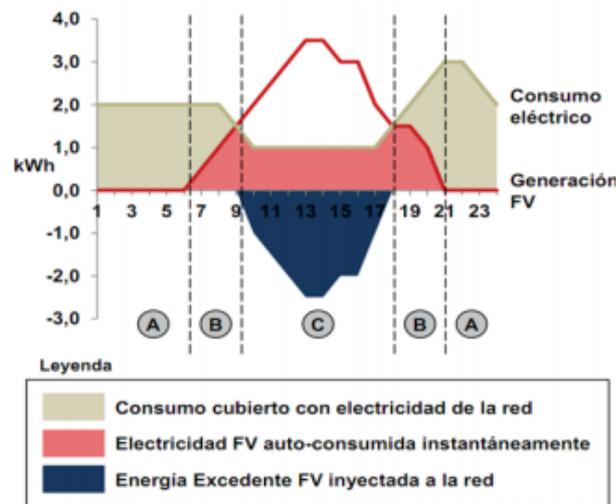


Figura 3.1. Funcionamiento de un balance neto. Fuente: [8]

Por otro lado, en las horas en las que no haya suficiente luz solar como para activar las placas para producir energía, el sistema se abastecerá de la red, cuyo consumo será cuantificado por el contador bidireccional.

La tecnología fotovoltaica puede ser empleada mediante:

- Instalaciones aisladas, lugares donde es muy difícil realizar este tipo de conexiones y no disponen de acceso a la red eléctrica. Sería un sistema de autoconsumo, instalando baterías para acumular la energía generada y poder consumirla de noche.
- Instalaciones conectadas a red, en las cuales la corriente generada se vierte a la red eléctrica como si se tratara de una central de producción de energía eléctrica convencional. El productor sigue comprando la energía eléctrica consumida y por separado vende la producida.

3.3 MODALIDADES BALANCE NETO FOTOVOLTAICO

3.3.1 Integrado

Aquellos casos en los que las placas solares sustituyan o complementen a un elemento constructivo de la vivienda (cubierta).

Las placas generalmente se sitúan sobre el tejado con la inclinación de éste, si resulta idónea, y así no ocupamos espacio de otros lugares como pueden ser jardines o zonas anexas a la instalación.

En el caso de que el tejado no tuviera inclinación y la radiación solar no incidiera correctamente en las placas, se añadirían unos soportes con el ángulo adecuado para que el rendimiento fuera el más cercano al máximo.



Figura 3.2. Placas integradas con inclinación de la cubierta. Fuente: [9]



Figura 3.3. Placas integradas con distinta inclinación de la cubierta. Fuente: [10]

Actualmente, se están empezando a producir pequeñas células que sirven como sustituyentes de partes de tejas e incluso, placas de tamaño normal que suplen grandes partes de la cubierta o de paredes acristaladas con un pequeño grado de inclinación o también en estructuras curvadas más modernas.

3.3.2 Apartado

Tipología en la que las placas solares, ya por ser muchas o por problemas de espacio están situadas fuera del tejado del sistema que van a alimentar. Tiene alguna ventaja, como que se pueden instalar mayor número de paneles, no sufren los elementos constructivos de la instalación o también por motivos estéticos. O porque el tejado donde tendrían que ir instalados tuviera algún otro fin.



Figura 3.4. Placas solares apartadas. Fuente: [11]

3.3.3 Eólico

A parte de los temas constructivos tratados hasta ahora, existe una modalidad en la que la generación de la energía no solo procede del sol, sino que mediante la fuerza del viento puede hacer que no consumamos tanta energía de las fuentes convencionales.

Aunque no suelen ser solamente eólicas, sino que van acompañadas también por placas, estas instalaciones también son viables, aunque en menor medida ya que calcular la energía proporcionada por el viento es más difícil de cuantificar que la proporcionada por la luz solar que suele ser más constante. Como son más pequeños que los aerogeneradores de grandes potencias, pueden arrancar a una velocidad de 11 km/h, frente a los 19 de los grandes. Así se amplía el rango de trabajo para poder producir más energía.

Para ello, en vez de instalar más placas fotovoltaicas, se sustituyen las necesarias por uno o más miniaerogeneradores de la potencia necesaria para satisfacer la demanda requerida. Es necesario realizar un estudio de los vientos de la zona, para saber cómo funcionarán los molinos, ya que al menos deben tener una velocidad media al año de 13km/h.



Figura 3.5. Instalación doméstica con aerogenerador. Fuente: [12]

3.4 ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO FOTOVOLTAICO

Las partes constituyentes de un sistema de este tipo son:

3.4.1 Paneles fotovoltaicos

Explicados anteriormente, una célula básica tiene unos valores estándares de 3,5W, 0,7V y 5A. Cada módulo son varias células que se unen entre sí en paralelo o en serie. Los cuatro factores que determinan el rendimiento de un panel fotovoltaico son:

- El rendimiento de sus células
- La resistencia de carga
- La irradiancia solar
- La temperatura de la célula

Uno de los grandes problemas que presentan estos elementos, son las sombras, ya que pueden provocar en ellas una tensión inversa, es decir, la célula sombreada consumiría potencia generada por las demás produciendo un calentamiento indeseado. Este efecto aumentará cuanto mayor sea la radiación incidente sobre el resto de las células y menor la que reciba esta célula debido a la sombra. En un caso extremo, la célula podría llegar a romperse por sobrecalentamiento.

Para ello se utilizan diodos o by-pass, reduciendo el riesgo de calentamiento de las células sombreadas, limitando la corriente que pueda circular por ellas y evitando de este modo su rotura. Se incorporan en las cajas de conexiones, y son obligatorios cuando la tensión sea superior a 24 V.

3.4.2 Regulador de carga

Se instalan en aquellos sistemas que incorporan baterías para almacenar energía producida por la instalación auxiliar y utilizarla en el momento en el que no haya ni energía solar ni energía eólica.

Su función es regular la carga y la descarga de las baterías, se sitúa entre los paneles y las baterías. Impide que la batería continúe recibiendo energía del panel solar cuando haya alcanzado su carga máxima y también impide que se descarguen por completo, incluso por debajo de su valor de mínima carga.

Si el panel intenta sobrecargar la batería, desconecta el panel.

Si la carga intenta descargar la batería en exceso desconecta el consumo.

Es un elemento fundamental, para llevar al máximo la vida útil de las baterías y de la instalación.

3.4.3 Sistema de acumulación

Es necesario cuando el perfil de producción no coincide con el de consumo. Tiene como finalidad la adaptación temporal de la disponibilidad de energía y la demanda acumulándola cuando esté disponible para poder ofrecerla cuando se necesite.

Existen varios sistemas de almacenamiento de la energía fotovoltaica:

- Transformación en energía mecánica
- Bombeo hidráulico (transformación mediante energía potencial)
- Volante de inercia (transformación en energía cinética)

Aunque la forma más extendida de almacenamiento es mediante el método directo, es decir mediante baterías, ya sean de plomo-ácido o por baterías electroquímicas.

Se deben dimensionar muy bien con respecto a la capacidad de la instalación, ya que es una de las partes más caras de todo el sistema y no es necesario malgastar el dinero. Trabajan en unos medios muy limitados que si se modifican, hacen que su rendimiento y su vida útil disminuya. Y sus características técnicas deben adaptarse muy bien al resto de la instalación.

Dependen de la temperatura de trabajo, la intensidad de carga, la intensidad de descarga y su rendimiento. Trabajar a una baja temperatura disminuye su capacidad.

3.4.4 Sistema de regulación

En las instalaciones que no cuentan con un sistema de almacenamiento, deben llevar un sistema de regulación, para determinar cuándo consumir energía de la red y cuándo consumir energía de la instalación interior en el momento que haya generación suficiente.

La función de este sistema es clave, ya que es el que toma las decisiones energéticas, por eso su implementación e instalación es muy importante. Cuanto mejor sea, mayor ahorro, y más rendimiento tendrá nuestra instalación.

3.4.5 Inversor

También comentado anteriormente, transforma la corriente continua que es producida en los paneles a corriente alterna que es la consumida en los equipos domésticos y la que circula por las redes generales.

Deben cumplir una serie de requisitos:

- Alta frecuencia
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas
- Incorporar rearme y desconexión automáticas cuando no esté empleando ningún equipo de corriente alterna
- Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 200% de su potencia máxima
- Cumplir con los requisitos, que para instalaciones de 220V C.A. establece el Reglamento de Baja Tensión

Las características principales de un inversor son, la tensión de entrada, que debe estar adaptada a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada). La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga.

3.4.6 Contador bidireccional

Estará situado antes de la entrada de la energía a la instalación, tanto la que llega desde la instalación auxiliar como de la red general.

Controla tanto la energía consumida generada por los paneles solares, como la consumida desde la red en los momentos necesarios. Y por otro lado, controla la energía vertida a la red para poder hacer en el intervalo de tiempo determinado el balance energético.

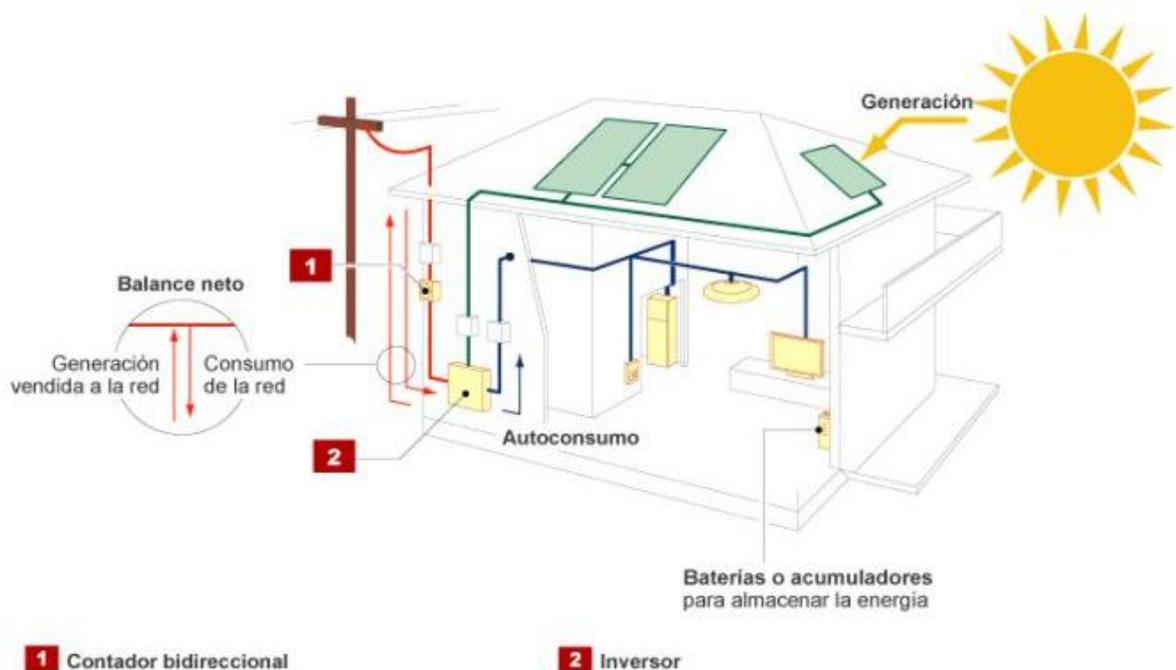


Figura 3.6. Esquema de funcionamiento de una instalación de balance neto. Fuente: [13]

3.5 BALANCE NETO EN ESPAÑA

La normativa correspondiente al tema en España no ha evolucionado desde el proyecto de Real Decreto por el que se establece la regulación de las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía eléctrica con balance neto, publicado el 18 de noviembre de 2011.

Desde aquella normativa (aun en proyecto) no se han redactado nuevos documentos correspondientes a las instalaciones de balance neto, aunque si se han ido estableciendo nuevas leyes que regulan la producción fotovoltaica, poniendo cada vez más trabas, suprimiendo las primas e imponiendo nuevos peajes de respaldo. De este modo, ante la inestabilidad legal del sector, esta tecnología se ha estancado.

El problema está en que las plantas fotovoltaicas que fueron instaladas ya no reciben ninguna retribución especial y las deudas las acosan hasta el punto de que el 30 % de las mismas no puede hacer frente a los pagos de la inversión.

En nuestro país apenas tiene datos de este tipo de instalaciones ya que es una tecnología bastante "nueva" y se está empezando a regular ahora. Se presupone que en un futuro al estabilizarse el sector, se empiecen a ver los avances ya sean positivos o negativos. Todo dependerá de las decisiones que se tomen desde los cargos políticos ya que si no hay un beneficio económico claro, va a ser muy difícil el desarrollo de esta tecnología.

3.6 EXTRANJERO

En la mayoría de los países donde esta tecnología tiene un hueco en el mercado, como puede ser Italia, Bélgica, Dinamarca, California, Hawái, Alemania, Japón, Canadá, Brasil o México, los usuarios de la misma no deben pagar un peaje de respaldo para poder servirse de la red. Medida que según los entendidos en el tema, frena el desarrollo de esta opción de generación de energía, ya que hará más cara la autoproducción de electricidad que comprarla a la compañía tradicional.

3.6.1 Unión Europea

En algunos países de la Unión Europea como Alemania, que habiendo empezado en el año 2000 con el autoconsumo, actualmente cuenta con más de un millón de instalaciones, subvencionando el 30 % de la compra de baterías para los usuarios que produzcan la electricidad que consumen.

En Dinamarca, esta tecnología ha demostrado ser una forma barata, fácil de administrar y efectiva de estimular el desarrollo fotovoltaico. El sistema actual lleva poco tiempo implantado, desde 2005 cuando la medición neta para sistemas fotovoltaicos de propiedad privada se hizo permanente. Se apoya en los créditos energéticos.

Nuestros vecinos franceses, acaban de proponer una forma de balance neto en la que la energía producida en las instalaciones domésticas puede ser comprada a un precio mayor que el que se encarga a los consumidores. Por ello, la energía producida se vende en su totalidad y se compra a un precio menor.

3.6.2 Resto del mundo

Un claro ejemplo de una buena gestión en el extranjero es California, imán de las vanguardias tecnológicas, fue una de las primeras regiones mundiales en introducir el autoconsumo en la tarta de la producción eléctrica, en 1996. Y ya para 2012, unos 40.000 usuarios se beneficiaban de esta opción, que compensa al usuario con créditos en kilovatios por la electricidad devuelta a la red, que se calcula anualmente.

Según esta política, el contador gira en sentido contrario, y si al cabo de un año el saldo es positivo para el usuario, éste puede elegir entre acumular crédito indefinidamente o recibir una compensación económica. [14]

En México, existe un esquema de balance neto para la energía solar a pequeña escala, al productor se le abona a una tarifa concertada los kWh excedentes que se vierten a red. En caso de no tener excedentes se le cobra la diferencia entre el consumo de la red y la generación.

4 INSTALACIÓN

Una vez conocido el concepto de balance neto y el marco legal al que nos debemos ceñir para un proyecto de este tipo mediante placas fotovoltaicas para una vivienda unifamiliar, describiremos la vivienda en la que nos vamos a centrar en la consecución de la viabilidad del proyecto, el lugar de la misma, la conexión a la línea eléctrica, potencia a instalar, partes de la instalación y todo lo necesario para llevar a cabo un estudio económico.

4.1 LUGAR DE INSTALACIÓN

La vivienda donde se colocará la instalación estará situada en la localidad leonesa de San Félix de la Vega, un pequeño pueblo a 45 kilómetros de León en dirección suroeste.

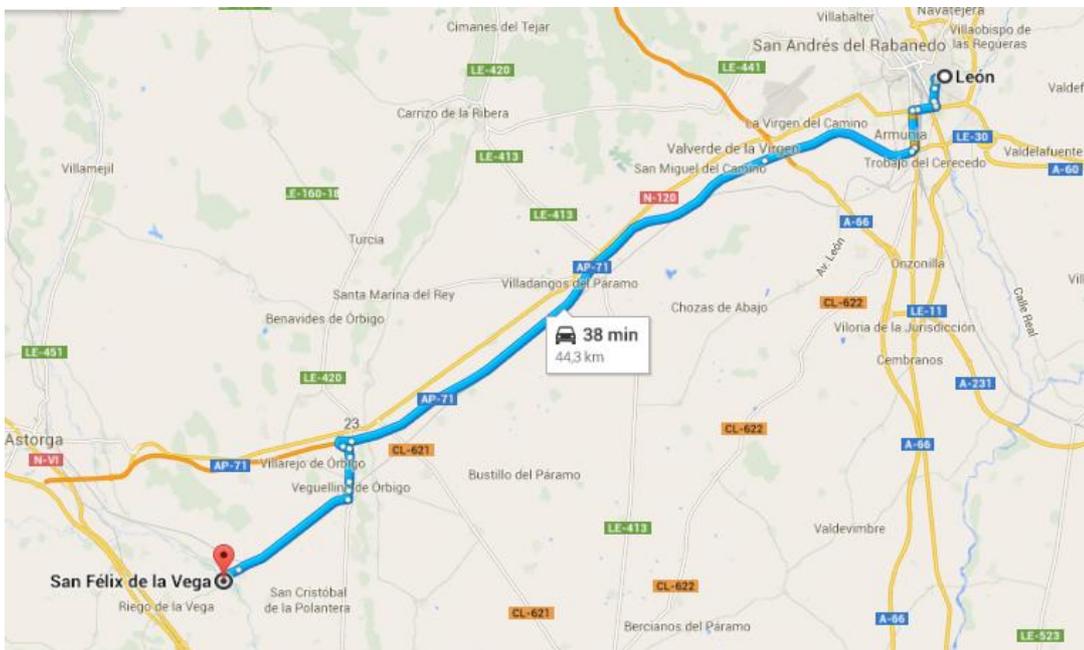


Figura 4.1. Situación de la instalación. Fuente: [15]

Existen dos rutas para llegar con una duración aproximada de 40 minutos:

- Autopista AP-71, cogiendo la salida 23, y atravesando Veguellina.
- Nacional 120, desviándose en Hospital de Órbigo y atravesando Veguellina.

La vivienda, está situada en el centro del pueblo, tiene una sola planta a la altura del suelo, la parcela cuenta con una superficie de 496 m² repartidos de la siguiente manera:

- 148 m² son la superficie que ocupa la vivienda
- 115 m² de patio
- 233 m² de jardín

Las coordenadas UTM de la misma proporcionadas por el visor sigpac son:

- 42° 23' 53,02" N
- 5° 57' 8,98" W
- Huso UTM 30



Figura 4.2. Superficie de la finca de la vivienda. Fuente: [16]

4.2 POTENCIA INSTALADA

Nuestra vivienda constará de los siguientes elementos que consumirán energía eléctrica, ya sea por parte de nuestra instalación cuando generemos suficiente energía solar, o de la red general de noche y en los momentos en los que los paneles no tengan tanta irradiación como para generar energía.

Tabla 4.1. Elementos eléctricos en nuestra instalación

Equipo	Nº de equipos iguales	Potencia (W)	Horas funcionamiento/día	Época
Televisión	1	77	3	Diario
Frigorífico	1	100	24	Diario
Lavadora	1	1600	0,5	Diario
Vitrocerámica	1	1000	1	Diario
Microondas	1	850	0,5	Diario
Ordenador	1	100	4	Diario
Dormitorios	4	20	1	Diario
Baños	2	20	2	Diario
Cocina	1	20	3	Diario
Salón	1	40	6	Diario
Bomba de riego	1	800	Varias	Estival
Usos diversos	1	50	2	Diario

La carga eléctrica de la vivienda estará compuesta de:

- 1 televisión 77 W que funciona 3 horas al día
- 1 frigorífico de 100 W, funcionando 24 horas diarias
- 1 lavadora de 1.600 W que funciona el fin de semana aproximadamente 3 horas, y para facilidad de cálculos se ha extrapolado a 0,5 horas al día
- 1 placa vitrocerámica de 1000 W, que funciona diariamente 1 hora
- 1 microondas de 850 W, que esta encendido al día 0,5 horas
- 1 ordenador de 100 W, encendido 4 horas diarias
- 4 dormitorios, con una carga eléctrica cada uno de 20 W, encendidos 1 hora al día
- 2 baños con una carga de 20 W, funcionando 2 horas diarias
- 1 cocina, con una potencia de iluminación de 20 W, que está encendida 3 horas diarias
- 1 salón con una potencia en iluminación de 40 W, encendida 6 horas al día
- 1 bomba de riego, funcionando los meses estivales, con una media de 5 horas al día en junio, 4 horas diarias en julio, 3 horas al día en agosto y 2 horas al día en septiembre
- Usos diversos, como pueden ser radios, videos, etc. sumando una potencia de 50W, 2 horas al día

4.3 POTENCIA CONTRATADA

En esta zona, la electricidad está distribuida por la empresa española de Gas Natural Fenosa. La potencia contratada depende directamente de la tensión de la red (230 V) y del ICP (Interruptor de Control de Potencia):

$$P = V \cdot I$$

Tenemos varias posibilidades de instalación del ICP:

- ICP de 15 A:

$$P = 230 \cdot 15 = 3.450 \text{ W}$$

- ICP de 20 A:

$$P = 230 \cdot 20 = 4.600 \text{ W}$$

Con los cálculos realizados, se llega a la conclusión de que para tener un segmento de potencias más grande en el que poder trabajar debido a las cargas que tenemos sin que salte el ICP optaremos por el ICP de 20 A, teniendo así una potencia de 4.600 W.

Con un grado de electrificación básico, según la ITC-BT 10, que permita la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en una vivienda.

La empresa comercializadora ofrece una serie de tarifas, dependiendo de la potencia contratada, en nuestro caso, la vivienda contará con una tarifa contratada del tipo **2.0 A**, con discriminación horaria nocturna, en la que tenemos unos precios de:

Tabla 4.2. Precios del kWh con discriminación horaria

	Día	Noche
	12-22 horas	23-13 horas
Precio kWh (€)	0,14	0,05

4.4 MÉTODO DE CÁLCULO

4.4.1 Cálculo de la parcela solar

Esta es la parte más importante de todo el estudio, ya que en ella calculamos la carga de paneles que debemos instalar para poder suministrar la cantidad de energía necesaria para alimentar la vivienda en cualquier momento del año.

Para ello necesitaremos la tabla 4.1. en la que vienen definidas las cargas, su potencia y su uso diario, la latitud del lugar de la instalación y con ello la inclinación que deberán tener los paneles.

Dimensionaremos la instalación para el consumo que tenemos durante todo el día, de manera que al estar sobredimensionada verteremos más energía a la red durante el periodo diurno en aquellos momentos en los que estemos completamente abastecidos por la solar.

Ha sido utilizada una hoja de Excel para la realización de los cálculos de una manera más simple y rápida, ha sido así:

Primero debemos conocer la tensión antes del inversor, y el rendimiento del mismo, como luego se explicará (4.4.2.1 y en el Anexo I), tenemos:

Tabla 4.3. Características necesarias del inversor

Tensión antes del inversor (V)	24
Rendimiento del inversor	0,971

Ahora extrapolamos, los datos de las cargas de la tabla 4.1. a las horas al día que funcionan en los 12 meses del año:

Tabla 4.4. Consumo en horas/día de los elementos eléctricos

Horas/día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Frigorífico	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Lavadora	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitrocera mica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Microondas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ordenador	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Dormitorios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cocina	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Salón	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Bomba de riego	0	0	0	0	0	5	4	3	2	0	0	0
Usos diversos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Calculamos el consumo de cada elemento al día mediante la fórmula:

$$C_d = \left(n^{\circ} \text{ equipos iguales} \cdot \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión}} \right) \cdot \left(\frac{1}{\text{Rendimiento}} \right) \cdot \text{horas funcionamiento} \left[\frac{\text{A} \cdot \text{h}}{\text{día}} \right]$$

Por ejemplo, para el salón:

$$C_d = \left(1 \cdot \frac{40 \text{ W}}{24 \text{ V}} \right) \cdot \left(\frac{1}{0,971} \right) \cdot 6 = 10,30 \frac{\text{A} \cdot \text{h}}{\text{día}}$$

Haciendo lo mismo con los demás elementos nos queda esta tabla:

Tabla 4.5. Consumo diario de los elementos

Consumo/día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91	9,91
Frigorífico	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99	102,99
Lavadora	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33
Vitrocera mica	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91	42,91
Microondas	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24
Ordenador	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16	17,16
Dormitorios	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43
Baños	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43
Cocina	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
Salón	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30
Bomba de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	171,64	137,32	102,99	68,66	0,00	0,00	0,00
Usos diversos	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
TOTAL	249,57	249,57	249,57	249,57	249,57	421,22	386,89	352,56	318,23	249,57	249,57	249,57

Ahora pasamos el consumo al día, a mes multiplicando éstos últimos por los días de cada mes del año.

Tabla 4.6. Días de los meses

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Con las tablas 4.5 y 4.6, calculamos el consumo mensual de cada elemento, mediante la fórmula:

$$C_m = C_d \cdot \text{días del mes}$$

Por ejemplo, en enero el salón tendrá un consumo de:

$$C_m = 10,30 \frac{A \cdot h}{\text{día}} \cdot 31 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 319,26 \frac{A \cdot h}{\text{mes}}$$

Tabla 4.7. Consumo mensual

Consumo/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	307,29	277,55	307,29	297,37	307,29	297,37	307,29	307,29	297,37	307,29	297,37	307,29
Frigorífico	3192,58	2883,63	3192,58	3089,60	3192,58	3089,60	3192,58	3192,58	3089,60	3192,58	3089,60	3192,58
Lavadora	1064,19	961,21	1064,19	1029,87	1064,19	1029,87	1064,19	1064,19	1029,87	1064,19	1029,87	1064,19
Vitrocera mica	1330,24	1201,51	1330,24	1287,33	1330,24	1287,33	1330,24	1330,24	1287,33	1330,24	1287,33	1330,24
Microondas	565,35	510,64	565,35	547,12	565,35	547,12	565,35	565,35	547,12	565,35	547,12	565,35
Ordenador	532,10	480,60	532,10	514,93	532,10	514,93	532,10	532,10	514,93	532,10	514,93	532,10
Dormitorios	106,42	96,12	106,42	102,99	106,42	102,99	106,42	106,42	102,99	106,42	102,99	106,42
Baños	106,42	96,12	106,42	102,99	106,42	102,99	106,42	106,42	102,99	106,42	102,99	106,42
Cocina	79,81	72,09	79,81	77,24	79,81	77,24	79,81	79,81	77,24	79,81	77,24	79,81
Salón	319,26	288,36	319,26	308,96	319,26	308,96	319,26	319,26	308,96	319,26	308,96	319,26
Bomba de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5149,33	4256,78	3192,58	2059,73	0,00	0,00	0,00
Usos diversos	133,02	120,15	133,02	128,73	133,02	128,73	133,02	133,02	128,73	133,02	128,73	133,02
TOTAL	7736,70	6987,98	7736,70	7487,13	7736,70	12636,46	11993,48	10929,28	9546,86	7736,70	7487,13	7736,70

Como se puede observar, los meses en los que consumiremos más serán en los estivales por el trabajo que realiza la bomba, pero no supone ningún problema ya que serán los meses que más radiación solar tendremos.

Ahora necesitamos conocer las Hora Solar Pico (HSP), con las que medimos la irradiación solar que incide en nuestras placas, se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000W/m².

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m², consiguiéndose con la siguiente conversión:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

El cálculo para las diferentes latitudes, depende de dos factores k y H.

- Factor de corrección k: define la inclinación que deberá tener el panel dependiendo de la latitud del sitio de instalación. Para nuestro caso, León tiene una latitud de 42º, por lo que ésta sería la tabla referencia.

Tabla 4.8. Tabla factor de corrección k para latitud 42 º (León)

		k											
León	Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
42,00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42,05	5	1,06	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,09
42,10	10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,06	1,11	1,15	1,18	1,17
42,15	15	1,21	1,17	1,13	1,08	1,04	1,03	1,04	1,09	1,15	1,22	1,26	1,25
42,20	20	1,27	1,21	1,15	1,09	1,04	1,03	1,05	1,1	1,18	1,28	1,34	1,32
42,25	25	1,32	1,25	1,17	1,09	1,04	1,01	1,04	1,1	1,21	1,33	1,4	1,38
42,30	30	1,36	1,28	1,19	1,09	1,02	1	1,02	1,1	1,23	1,37	1,46	1,44
42,35	35	1,39	1,3	1,19	1,08	1	0,97	1	1,09	1,23	1,4	1,51	1,48
42,40	40	1,42	1,31	1,19	1,06	0,97	0,94	0,97	1,08	1,24	1,42	1,54	1,52
42,45	45	1,43	1,32	1,18	1,04	0,94	0,9	0,94	1,05	1,23	1,43	1,57	1,54
42,50	50	1,44	1,31	1,16	1	0,89	0,86	0,9	1,02	1,21	1,44	1,59	1,56
42,55	55	1,44	1,3	1,13	0,97	0,85	0,8	0,85	0,98	1,19	1,43	1,59	1,57
42,60	60	1,43	1,28	1,1	0,92	0,79	0,75	0,8	0,93	1,15	1,41	1,59	1,57
42,65	65	1,41	1,25	1,06	0,87	0,74	0,69	0,74	0,88	1,11	1,39	1,57	1,55
42,70	70	1,38	1,21	1,01	0,81	0,67	0,62	0,67	0,82	1,07	1,35	1,55	1,53
42,75	75	1,35	1,17	0,96	0,75	0,6	0,55	0,6	0,76	1,01	1,31	1,52	1,5
42,80	80	1,3	1,12	0,9	0,68	0,53	0,48	0,53	0,69	0,95	1,25	1,47	1,46
42,85	85	1,25	1,06	0,83	0,61	0,46	0,4	0,46	0,62	0,88	1,19	1,42	1,41
42,90	90	1,19	1	0,76	0,54	0,38	0,32	0,38	0,54	0,81	1,12	1,36	1,35

- H: representa la energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes, varía dependiendo de la ciudad.

Tabla 4.9. Tabla factor H para León

		H												
[MJ/m2]		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
LEON		5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3

Con estas dos tablas, podemos calcular la HSP, con el cambio de unidades correspondiente mediante la expresión:

$$HSP = \frac{H \cdot k}{3,6}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.10. HSP para León

	HSP												
León	Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
42,00	0	1,611	2,417	3,833	4,778	5,417	6,139	6,722	5,806	4,778	2,889	1,944	1,333
42,05	5	1,708	2,562	4,025	4,921	5,525	6,262	6,857	6,038	5,064	3,120	2,119	1,453
42,10	10	1,853	2,707	4,178	5,064	5,633	6,323	6,991	6,154	5,303	3,322	2,294	1,560
42,15	15	1,949	2,828	4,332	5,160	5,633	6,323	6,991	6,328	5,494	3,524	2,450	1,667
42,20	20	2,046	2,924	4,408	5,208	5,633	6,323	7,058	6,386	5,638	3,698	2,606	1,760
42,25	25	2,127	3,021	4,485	5,208	5,633	6,200	6,991	6,386	5,781	3,842	2,722	1,840
42,30	30	2,191	3,093	4,562	5,208	5,525	6,139	6,857	6,386	5,877	3,958	2,839	1,920
42,35	35	2,239	3,142	4,562	5,160	5,417	5,955	6,722	6,328	5,877	4,044	2,936	1,973
42,40	40	2,288	3,166	4,562	5,064	5,254	5,771	6,521	6,270	5,924	4,102	2,994	2,027
42,45	45	2,304	3,190	4,523	4,969	5,092	5,525	6,319	6,096	5,877	4,131	3,053	2,053
42,50	50	2,320	3,166	4,447	4,778	4,821	5,279	6,050	5,922	5,781	4,160	3,092	2,080
42,55	55	2,320	3,142	4,332	4,634	4,604	4,911	5,714	5,689	5,686	4,131	3,092	2,093
42,60	60	2,304	3,093	4,217	4,396	4,279	4,604	5,378	5,399	5,494	4,073	3,092	2,093
42,65	65	2,272	3,021	4,063	4,157	4,008	4,236	4,974	5,109	5,303	4,016	3,053	2,067
42,70	70	2,223	2,924	3,872	3,870	3,629	3,806	4,504	4,761	5,112	3,900	3,014	2,040
42,75	75	2,175	2,828	3,680	3,583	3,250	3,376	4,033	4,412	4,826	3,784	2,956	2,000
42,80	80	2,094	2,707	3,450	3,249	2,871	2,947	3,563	4,006	4,539	3,611	2,858	1,947
42,85	85	2,014	2,562	3,182	2,914	2,492	2,456	3,092	3,599	4,204	3,438	2,761	1,880
42,90	90	1,917	2,417	2,913	2,580	2,058	1,964	2,554	3,135	3,870	3,236	2,644	1,800

Como nuestro consumo mensual está directamente relacionado con las horas solares pico de cada mes, hacemos el siguiente cálculo para conocer cuál de los 12 meses es en el que menos irradiación tenemos, por lo tanto el más desfavorable y sabiendo los paneles elegidos podemos calcular cuántos de ellos necesitamos para satisfacer el consumo en el mes peor.

$$R_d = \frac{C_m}{HSP}$$

Obteniéndose:

Tabla 4.11. Energía necesaria para cada inclinación, todos los meses del año

León	Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MÁX
42,00	0	154,906	103,271	65,105	52,236	46,075	68,614	57,553	60,728	66,606	86,390	128,351	187,178	187,178
42,05	5	146,138	97,425	62,005	50,714	45,171	67,269	56,425	58,392	62,836	79,991	117,753	171,723	171,723
42,10	10	134,701	92,206	59,730	49,279	44,303	66,616	55,340	57,290	60,005	75,122	108,772	159,981	159,981
42,15	15	128,022	88,266	57,615	48,366	44,303	66,616	55,340	55,713	57,918	70,811	101,866	149,743	149,743
42,20	20	121,973	85,348	56,613	47,923	44,303	66,616	54,813	55,207	56,446	67,492	95,784	141,802	141,802
42,25	25	117,353	82,617	55,646	47,923	44,303	67,935	55,340	55,207	55,046	64,955	91,679	135,636	135,636
42,30	30	113,902	80,680	54,710	47,923	45,171	68,614	56,425	55,207	54,151	63,058	87,911	129,985	129,985
42,35	35	111,443	79,439	54,710	48,366	46,075	70,736	57,553	55,713	54,151	61,707	85,000	126,472	126,472
42,40	40	109,089	78,833	54,710	49,279	47,500	72,994	59,333	56,229	53,715	60,838	83,345	123,144	123,144
42,45	45	108,326	78,235	55,174	50,227	49,016	76,238	61,227	57,836	54,151	60,413	81,752	121,544	121,544
42,50	50	107,574	78,833	56,125	52,236	51,769	79,784	63,948	59,537	55,046	59,993	80,724	119,986	119,986
42,55	55	107,574	79,439	57,615	53,851	54,205	85,768	67,710	61,967	55,971	60,413	80,724	119,222	119,222
42,60	60	108,326	80,680	59,187	56,778	58,322	91,486	71,942	65,299	57,918	61,269	80,724	119,222	119,222
42,65	65	109,862	82,617	61,420	60,041	62,263	99,441	77,775	69,009	60,005	62,151	81,752	120,760	120,760
42,70	70	112,251	85,348	64,461	64,489	68,768	110,668	85,901	74,058	62,249	63,993	82,807	122,339	122,339
42,75	75	114,745	88,266	67,818	69,648	76,791	124,753	95,922	79,905	65,947	65,947	84,441	124,785	124,785
42,80	80	119,159	92,206	72,339	76,817	86,933	142,946	108,591	88,011	70,112	69,112	87,313	128,204	142,946
42,85	85	123,925	97,425	78,440	85,632	100,162	171,536	125,116	97,948	75,689	72,597	90,388	132,750	171,536
42,90	90	130,173	103,271	85,665	96,733	121,249	214,420	151,456	112,459	82,230	77,134	94,376	138,650	214,420
													MINIMO	119,222

Habiendo calculado estos valores, debemos fijarnos en los máximos de cada inclinación para cada mes, columna de la derecha y a partir de ellos, elegimos el menor (situación más desfavorable con menos horas de sol) y tenemos una inclinación de 55-60° es un poco grande ya que lo normal es entre 20 - 45°. Es tal inclinación porque la carga es constante en todo el año y al tener menos horas solares debe ser así para satisfacerla en los meses invernales.

Con estos datos, y sabiendo que instalaremos los paneles REC 255 PE Poly (ficha técnica en Anexo I) que tienen una corriente de servicio a potencia máxima de 8,42 A, tenemos:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{R_d}{I_p}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{119,222}{8,42} = 14,15 \text{ paneles}$$

Aplicando un coeficiente de seguridad de 1,2, tenemos que debemos instalar 16,99 paneles, es decir 17.

4.4.2 Cálculo de parcela eléctrica

4.4.2.1 Inversor

Según el modelo de paneles, y la cantidad de ellos que tenemos, calcularemos las características que debe tener nuestro inversor, para dimensionarlo de manera que se ajuste a nuestra instalación de la mejor forma posible para ahorrar dinero trabajando modo más óptimo.

Por las características técnicas de los paneles, tenemos que nos ofrecen una potencia de 255 W cada uno, y como son 17 en total tenemos:

$$17 \cdot 255 \text{ W} = 4.335 \text{ W}$$

Es decir, nuestro inversor, contando las pérdidas que hay en él (que será su rendimiento), debe ofrecer como mínimo una potencia de 4.335 W.

Mediante estos cálculos, se ha resuelto que un modelo de inversor correcto para nuestra instalación es el SMA, modelo Sunny Tripower 5000 TL, con un rendimiento del 97,1% y una potencia a entregar de 5000 W.

$$5.000 \text{ W} \cdot 0,971 = 4.855 \text{ W}$$

Cuanto más se ajuste el valor de la potencia del inversor con las pérdidas al valor de la potencia que me ofrecen los paneles, mejor ya que así aprovechamos la máxima energía y está todo mucho más ajustado. No pagamos de más.

Ficha técnica en el Anexo I.

4.4.2.2 Sistema de regulación

Para nuestra instalación, colocaremos un sistema de control de carga solar, es decir, un aparato que vigilará constantemente la cantidad de energía suministrada por los paneles, y calculará si es la suficiente como para no tener que utilizar la energía de la red pública. En el momento que esta energía no sea suficiente, activará el mecanismo correspondiente para que podamos seguir estando alimentados, siendo la energía de la red utilizada cuantificada por el contador.

El sistema de regulación, será **Phocos CX48 V (40-A)**.

Ficha técnica en Anexo I.

4.4.2.3 Contador bidireccional

Herramienta que proporciona la lectura de la energía que vertemos a la red, energía que consumimos de la red, y energía que consumimos de la instalación propia.

Para este caso hemos utilizado un contador trifásico estándar **CIRWATT B 400** de la marca CIRCUTOR, cuyas características técnicas están en el Anexo I.

4.4.2.4 Sección del cableado

El cableado vendrá condicionado por la instalación, nos guiaremos por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y a la ITC-BT 40 para instalaciones generadoras de baja tensión.

Se atenderán tres criterios para la obtención de la sección adecuada:

- Criterio térmico, intensidad máxima admisible por el cable, teniendo en cuenta los coeficientes de instalación
- Intensidad máxima de cortocircuito, considerando la protección utilizada y el tiempo de actuación
- Caída de tensión máxima admisible en instalaciones de generación para baja tensión.

Tenemos tres tramos de cable bien diferenciados: de los paneles al inversor, del inversor al regulador y del regulador al contador donde se conexionará a la instalación original de la vivienda.

- Tramo A-B: paneles - inversor. Corriente continua.

Primero calculamos la intensidad que pasa por el cable por la fórmula:

$$I = \frac{P}{V}$$

Conociendo la potencia generada por los 17 paneles instalados, y la tensión a la que llega al inversor tenemos:

$$I = \frac{17 \cdot 255 \text{ W}}{750 \text{ V}} = 5,78 \text{ A}$$

Habiendo elegido un cable Al Afumex de aluminio 1000 V (AS) con aislamiento XLPE, bajo tubo, canal o conductor circular y un montajes superficial sobre el tejado y las paredes de la habitación donde está el inversor.

Ahora, con la ITC-BT 06, que habla de redes de distribución para baja tensión, aplicamos los distintos coeficientes de las condiciones de la instalación.

Como solo tenemos un cable que va de los paneles al inversor, factor 1.

El cable, al tener polietileno reticulado a 40º por estar expuesto al sol, factor 1

Duración máxima del cortocircuito para cables de aluminio son 2 segundo, por lo que aplicamos factor 1.

Al estar expuesto al sol, aplicamos factor 0,9

Y por ser instalación generadora, factor 1,25.

Con lo que nos queda una intensidad de:

$$I_A = I \cdot \text{factores corrección} = 5,78 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 6,50 \text{ A}$$

Ahora, en la tabla 10 de dicha ITC, la sección nominal correspondiente para dicha corriente en conductores de aluminio es de 16 mm².

Calculamos la caída de tensión producidas en ese tramo, teniendo en cuenta varios valores, mediante la fórmula:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \gamma}{S}$$

Siendo:

L: la longitud de la línea, en este caso 7 metros

I: intensidad anteriormente calculada

cosφ: el ángulo entre tensión e intensidad, en este caso 1

γ: conductividad térmica del aluminio en Ωmm²/km

S: sección del cable

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 7 \cdot 6,5 \cdot 1 \cdot 0,029}{16} = 0,2 \text{ V}$$

En porcentaje:

$$\Delta V\% = \frac{0,2}{750} \cdot 100 = 0,03\%$$

Para instalaciones de generación, éste valor no debe superar el 1%.

Por último, calculamos la intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z_{cc}}$$

Como la impedancia de cortocircuito para un conductor de tan poca longitud es mínima se puede considerar como despreciable, por lo que la intensidad de cortocircuito aumenta al ser inversamente proporcionales. También se tomará despreciable la impedancia del aparato al que está conectado.

- Tramo B-C: inversor - regulador. Corriente alterna.

En este caso, ya tenemos corriente alterna porque es la función que tiene el inversor. Este tramo mide unos 2 metros por lo que también podremos considerar la impedancia de la línea despreciable.

El cable es interior, ya que el inversor y el regulador están en la misma habitación, por lo que no se utilizarán factores de corrección. Cable Al Afumex de cobre 750 V (AS) con aislamiento de PVC.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{17 \cdot 255}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 6,95 \text{ A}$$

Aplicando factor de corrección 1,25, la corriente sería: 8,68 A

En la tabla correspondiente el REBT, con la intensidad de 8,68 A, tenemos una sección mínima de 1,5 mm².

Para trifásica, la caída de potencia tiene otra fórmula:

$$\Delta V = \frac{c \cdot L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot V}$$

Siendo:

c: el incremento de la resistencia en alterna, se toma como 1,02

L: longitud de la línea

P: potencia

ρ : conductividad del cobre en Ω/km

S: sección del cable

U: tensión nominal de la línea (400 V en trifásico)

$$\Delta V = \frac{1,02 \cdot 2 \cdot 17 \cdot 255 \cdot 0,029}{1,5 \cdot 400} = 0,42 \text{ V}$$

Mucho menos del 1%.

En cuanto a la intensidad de cortocircuito, como ocurre en el caso anterior, la impedancia de cortocircuito se desprecia, por lo que es infinita.

- Tramo C-D: regulador-contador bidireccional. Corriente alterna.

Tramo que circula por el exterior de la vivienda, para evitarnos hacer obra, al sol y con una longitud de 12 metros. El cable será un Afumex Plus de cobre 750 V (AS) con aislamiento de PVC.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{17 \cdot 255}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 6,95 \text{ A}$$

Pero al tener unas condiciones específicas de instalación, se aplican los siguientes factores de corrección:

Por estar expuesto al sol directamente, 0,9

Al ser tres conductores (trifásica), 0,8

Por lo que nos queda un intensidad final de:

$$I_A = I \cdot \text{factores de corrección} = 6,95 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 5 \text{ A}$$

En la tabla correspondiente, con la intensidad y el tipo de cable escogido, hallamos la sección adecuada, que será de 16 mm².

Calculando la caída de tensión como en el tramo anterior:

$$\Delta V = \frac{1,02 \cdot 12 \cdot 17 \cdot 255 \cdot 0,018}{1,5 \cdot 400} = 1,6 \text{ V}$$

También mucho menor que el 1% máximo admitido en este tipo de instalaciones. En cuanto a la intensidad de cortocircuito, nos ocurre lo mismo que en los tramos anteriores ya que, al ser despreciable tanto la impedancia de la línea (muy corta), como la impedancia del equipo al que va conectada, se nos hace infinita, lo que es una ventaja.

4.5 ASPECTO CONSTRUCTIVO

Los paneles se instalarán en el techo de la vivienda, conectados en serie. 17 paneles de 1,665x0,991m, ocupan una superficie total de 28,05 m², y nuestra cubierta tiene una superficie total de 170m², pero para un perfecto funcionamiento de los paneles, éstos deben estar orientados al sur, por lo que la superficie del tejado que está orientada hacia el sur son 92m² espacio de sobra para poder ocupar los poco más de 28m² con paneles.

Para sostener los paneles a la cubierta, utilizaremos unas sujeciones de gancho variable K2 para tejados de pizarra de la empresa krannich-solar. Cada panel llevará 4 en sus extremos, por lo que necesitaremos 44 ganchos.

Estos ganchos, tienen varios tipos de inclinaciones, que serán elegidos acorde para llegar a la inclinación de 55°. Nuestra cubierta tiene una inclinación de 35°, por lo que los soportes superiores deben ser un poco más altos que los inferiores. Dada la inclinación del tejado, los paneles no nos producirán unas sombras excesivas entre sí, pero deberán estar separados lo suficiente como para no superponerse sombra, con panel.



Figura 4.3. Gancho K2 para tejado de pizarra.
Fuente: [17]

La primera parte de la instalación de cableado, irá por el tejado hasta introducirse en la habitación donde se encuentra el inversor, que a su vez está conectado al sistema de regulación. Todo ello dentro de una habitación apartada de la vivienda para evitar ruidos molestos, posibles deterioros meteorológicos e incluso calentamientos excesivos.

Posteriormente, por el patio, está instalado el cable que conecta el sistema de regulación con el contador bidireccional, este cable está dentro de un tubo o canal para protegerlo de las inclemencias temporales, hasta llegar al contador que estará en la entrada de la vivienda donde se producirá la repartición correcta de la energía.

El conjunto de inversor, sistema de regulación y el monitoreo irán instalados dentro de una pequeña habitación fuera de la parte de la vivienda. Así al estar en interior no se verán dañados por las inclemencias meteorológicas y aumentará su vida útil.

5 PRESUPUESTO

5.1 MEDICIONES

5.1.1 Campo fotovoltaico

5.1.1.1 Módulo solar

La instalación consta de 17 módulos fotovoltaicos del modelo REC 255 PE Poly.

Tabla 5.1. Cantidad de paneles y montaje

Descripción	Cantidad
Panel REC 255 PE Poly	17
Montaje unidad panel solar	17

5.1.1.2 Estructura

Suministro y montaje de las estructuras metálicas sobre las que van anclados los paneles a la cubierta, cuatro por panel.

Tabla 5.2. Cantidad de estructuras (ganchos K2)

Descripción	Cantidad
Transporte y suministro	1
Montaje	68
Estructura metálica	68

5.1.2 Instalación eléctrica

5.1.2.1 Inversor

Para poder convertir la electricidad de corriente continua a corriente alterna se utiliza un inversor de la marca SMA, modelo Sunny Tripower 5000 TL.

Tabla 5.3. Cantidad de inversores

Descripción	Cantidad
Montaje, protecciones y conexionado	1
Módulo de datos display SAC+GPRS	1
Sensor con célula y sonda	1
Inversor SMA, Sunny Tripower 5000 TL	1

5.1.2.2 Equipo de regulación y control

Se instala un equipo de regulación, para saber cuándo verter energía a la red, y cuando consumir energía de la misma.

Tabla 5.4. Cantidad de equipo de regulación y control

Descripción	Cantidad
Montaje, protecciones y conexionado	1
Módulo de datos display SAC+GPRS	1
Regulador Phocos CX48 V	1
Contador bidireccional CIRWATT B 400	1
Monitor TFT 15" con grabador digital	1

5.1.2.3 Cables de conexiones

Cableado que conectará los distintos elementos de la instalación.

Tabla 5.5. Metros de cable para conexionado

Descripción	Metros (m)
Al Afumex XPLE	7
Afumex Plus Cu	14

5.1.3 Ingeniería y dirección de obras

5.1.3.1 Licencia de obra

Por el Ayuntamiento de Riego de la Vega, al que pertenece el municipio de San Félix de la Vega, y es el permiso legal para poder llevar a cabo la ejecución de la instalación.

Tabla 5.6. Licencia de obra

Descripción	Cantidad
Licencia de obra	1

5.1.3.2 Dirección de obra

En esta partida, se contabilizan todos los gastos de dirección facultativa de obra y la mano de obra.

Tabla 5.7. Dirección de obra

Descripción	Cantidad
Dirección de obra	1

5.2 PRECIOS UNITARIOS

5.2.1 Campo fotovoltaico

5.2.1.1 Módulo solar

La instalación consta de 17 módulos fotovoltaicos del modelo REC 255 PE Poly.

Tabla 5.8. Precio unitario del módulo solar

Descripción	Precio (€)
Panel REC 255 PE Poly	215,32
Montaje unidad panel solar	15,00

5.2.1.2 Estructura

Suministro y montaje de las estructuras metálicas sobre las que van anclados los paneles a la cubierta, cuatro por panel..

Tabla 5.9. Precio unitario de la estructura

Descripción	Precio (€)
Transporte y suministro	125,00
Montaje	10,00
Estructura metálica	10,00

5.2.2 Instalación eléctrica

5.2.2.1 Inversor

Para poder convertir la electricidad de corriente continua a corriente alterna se utiliza un inversor de la marca SMA, modelo Sunny Tripower 5000TL.

Tabla 5.10. Precio unitario del inversor

Descripción	Precio (€)
Montaje, protecciones y conexionado	753,00
Módulo de datos display SAC+GPRS	101,00
Sensor con célula y sonda	126,00
Inversor SMA, Sunny Tripower 5000 TL	1949,50

5.2.2.2 Equipo de regulación y control

Se instala un equipo de regulación, para saber cuándo verter energía a la red, y cuando consumir energía de la misma.

Tabla 5.11. Precio unitario del equipo de regulación y control

Descripción	Precio (€)
Detector volumétrico IR pasivo	98,00
Cuadro eléctrico de protección	235,00
Regulador Phocos CX48 V	124,00
Contador bidireccional CIRWATT B 400	341,42
Monitor TFT 15" con grabador digital	198,00

5.2.2.3 Cables de conexiones

Cableado que conectará los distintos elementos de la instalación.

Tabla 5.12. Precio unitario del cable de conexión

Descripción	Precio (€)
Al Afumex XPLE	1,32
Afumex Plus Cu	0,87

5.2.3 Ingeniería y dirección de obras

5.2.3.1 Licencia de obra

Por el Ayuntamiento de Riego de la Vega, al que pertenece el municipio de San Félix de la Vega, y es el permiso legal para poder llevar a cabo la ejecución de la instalación.

Tabla 5.13. Precio unitario licencia de obra

Descripción	Precio (€)
Licencia de obra	200,00

5.2.3.2 Dirección de obra

En esta partida, se contabilizan todos los gastos de dirección facultativa de obra y la mano de obra.

Tabla 5.14. Precio unitario dirección de obra

Descripción	Precio (€)
Dirección de obra	398,61

5.3 MEDICIONES, PRECIOS UNITARIOS Y SUMATORIOS

5.3.1 Campo fotovoltaico

5.3.1.1 Módulo solar

La instalación consta de 17 módulos fotovoltaicos del modelo REC 255 PE Poly.

Tabla 5.15. Precio total del módulo solar

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Panel REC 255 PE Poly	17	215,32	3660,44
Montaje unidad panel solar	17	15	255,00

5.3.1.2 Estructura

Suministro y montaje de las estructuras metálicas sobre las que van anclados los paneles a la cubierta, cuatro por panel..

Tabla 5.16. Precio total de la estructura

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Transporte y suministro	1	125	125,00
Montaje	68	10	680,00
Suministro	68	10	680,00

5.3.2 Instalación eléctrica

5.3.2.1 Inversor

Para poder convertir la electricidad de corriente continua a corriente alterna se utiliza un inversor de la marca SMA, modelo Tripower 5000TL.

Tabla 5.17. Precio total del inversor

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Montaje, protecciones y conexionado	1	753,00	753,00
Módulo de datos display SAC+GPRS	1	101,00	101,00
Sensor con célula y sonda	1	126,00	126,00
SMA, Sunny Tripower 5000TL	1	1949,50	1949,50

5.3.2.2 Equipo de regulación y control

Se instala un equipo de regulación, para saber cuándo verter energía a la red, y cuando consumir energía de la misma.

Tabla 5.18. Precio total del equipo de regulación y control

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Detector volumétrico IR pasivo	1	98,00	98,00
Cuadro eléctrico de protección	1	235,00	235,00
Regulador Phocos CX48 V	1	124,00	124,00
Contador bidireccional CIRWATT B 400	1	341,42	341,42
Monitor TFT 15" con grabador digital	1	198,00	198,00

5.3.2.3 Cables de conexiones

Cableado que conectará los distintos elementos de la instalación.

Tabla 5.19. Precio total del cableado de conexiones

Descripción	Metros (m)	Precio (€)	Importe (€)
Al Afumex XPLE	7	1,32	9,24
Afumex Plus Cu	14	0,87	12,18

5.3.3 Ingeniería y dirección de obras

5.3.3.1 Licencia de obra

Por el Ayuntamiento de Riego de la Vega, al que pertenece el municipio de San Félix de la Vega, y es el permiso legal para poder llevar a cabo la ejecución de la instalación.

Tabla 5.20. Precio total de la licencia de obra

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Licencia de obra	1	200,00	200,00

5.3.3.2 Dirección de obra

En esta partida, se contabilizan todos los gastos de dirección facultativa de obra y la mano de obra.

Tabla 5.21. Precio total de la dirección de obra

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Dirección de obra	1	398,61	398,61

5.4 PEAJE DE RESPALDO

Actualmente en España, al no estar regulado, consideraremos que no tenemos peaje de respaldo.

5.5 COSTES DE MANTENIMIENTO

Dado que es una instalación, que debe mantenerse en perfectas condiciones para poder tener un rendimiento máximo, se deberán realizar unas maniobras de mantenimiento como pueden ser limpieza de paneles, cuidado de que no se peguen hojas en los mismos, controlar que todos los elementos tienen un funcionamiento correcto, etc.

Aunque no se tenga en cuenta en el presupuesto, serán de un 1% del total.

5.6 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

	Concepto	Precio total (€)
5.3.1. Campo fotovoltaico	5.3.1.1. Módulo solar	3915,44
	5.3.1.2. Estructura	1485,00
	Total 5.3.1.	5400,44
5.3.2. Instalación eléctrica	5.3.2.1. Inversor	2929,50
	5.3.2.2. Equipo regulación y control	996,42
	5.3.2.3. Cables de conexiones	21,42
	Total 5.3.2.	3947,34
5.3.3. Ingeniería y dirección de obras	5.3.3.1. Licencia de obra	200,00
	5.3.3.2. Dirección de obra	398,61
	Total 5.3.3.	598,61
Subtotal		9946,39
Gastos generales (G.G. 6%)		596,78
Beneficio industrial (B.I. 15%)		1491,96
Presupuesto de ejecución por contrato (P.E.C.)		12035,13
I.V.A. (21%)		14562,50

Tabla 5.22. Presupuesto general

PRECIO TOTAL DEL PROYECTO: 14 562,50€
CATORCE MIL QUINIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON
CINCUENTA CÉNTIMOS

6 ANÁLISIS DE VIABILIDAD

En esta parte del trabajo, realizaremos una comparación entre lo que se paga sin la instalación de los paneles solares del sistema de balance neto, lo que se puede ahorrar instalando dicho sistema, en cuanto tiempo recuperamos la inversión y calcular el valor de un supuesto peaje de respaldo a partir del cual la instalación no fuera viable.

6.1 CONSUMO ACTUAL

Por lo que primero calculamos lo que gastamos mensualmente antes de la implantación de ninguna medida.

Para ello, se estimará que el 60 % de la energía consumida en el día se hace durante el periodo diurno, con la tarifa de 0,14 €/kWh, y el 40 % restante es consumido en el periodo nocturno a un precio de 0,05 €/kWh, ya que se intenta encender la vitrocerámica, poner la lavadora, la bomba y todos los elementos posibles en horario nocturno para ahorrarnos 0,09 € por kilovatio hora consumido.

Con la tabla 4.1. de cargas que tenemos en la instalación, y sabiendo el número de horas que funcionan al día y los días que tiene cada mes, calculamos el consumo de potencia diario.

$$\text{Consumo diario} = n^{\circ} \text{ equipos iguales} \cdot \text{potencia del equipo} \cdot \text{horas/día} \cdot$$

$$C_d [=] \text{ Wh/día}$$

Obteniendo unos resultados de:

Tabla 6.1. Consumo de potencia diario en kWh/día

Consumo/día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00
Frigorífico	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00
Lavadora	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vitrocera mica	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Microondas	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00
Ordenador	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Dormitorios	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Baños	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Cocina	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Salón	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
Bomba de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4000,00	3200,00	2400,00	1600,00	0,00	0,00	0,00
Usos diversos	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (Wh/día)	5816,00	5816,00	5816,00	5816,00	5816,00	9816,00	9016,00	8216,00	7416,00	5816,00	5816,00	5816,00
TOTAL (kWh/día)	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	9,82	9,02	8,22	7,42	5,82	5,82	5,82

El consumo, mejor en kWh/día, ya que el precio es sobre kilovatios.

Con estos datos, podemos realizar una grafica de columnas en la que observamos como varía el consumo en función de los elementos que están funcionando al día, el consumo es constante en todos los meses debido a la forma de suponer las cargas, y solo varia en los meses estivales cuando está en funcionamiento la bomba de riego.

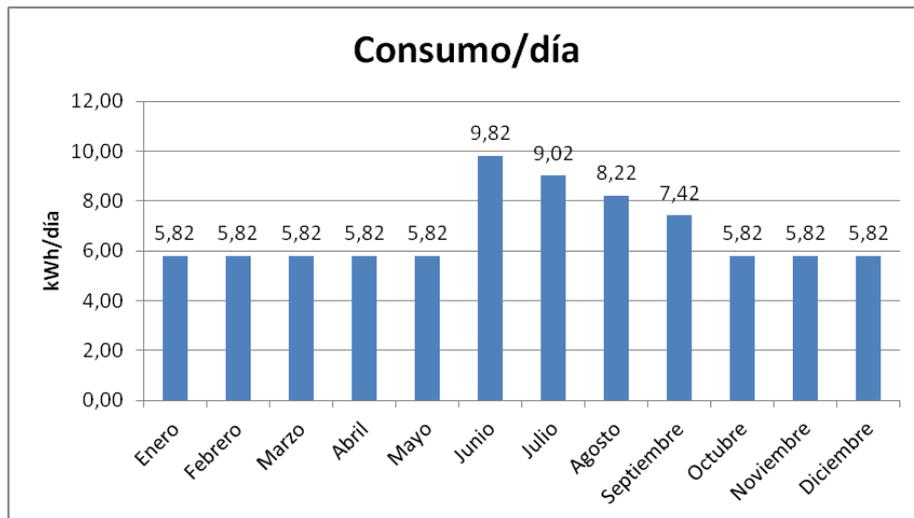


Figura 6.1. Perfil de consumo diario

Todos los meses del año que no son época estival, tenemos un consumo siempre igual, sin haber tenido en cuenta cargas variables. De esta manera en todos los meses tenemos un gasto de 5,82 kWh/día, menos en junio, julio, agosto y septiembre donde la bomba aumenta el consumo proporcionalmente con sus horas de funcionamiento.

Conociendo los días de cada mes, podemos obtener el consumo mensual de la siguiente manera:

$$Consumo\ mensual = Consumo\ diario * días/mes$$

$$C_m [=] \frac{Wh}{día} \cdot \frac{días}{mes} [=] \frac{Wh}{mes}$$

Tabla 6.2. Consumo de potencia mensual en kWh/mes

Consumo/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	7161,00	6468,00	7161,00	6930,00	7161,00	6930,00	7161,00	7161,00	6930,00	7161,00	6930,00	7161,00
Frigorífico	74400,00	67200,00	74400,00	72000,00	74400,00	72000,00	74400,00	74400,00	72000,00	74400,00	72000,00	74400,00
Lavadora	24800,00	22400,00	24800,00	24000,00	24800,00	24000,00	24800,00	24800,00	24000,00	24800,00	24000,00	24800,00
Vitrocera mica	31000,00	28000,00	31000,00	30000,00	31000,00	30000,00	31000,00	31000,00	30000,00	31000,00	30000,00	31000,00
Microondas	13175,00	11900,00	13175,00	12750,00	13175,00	12750,00	13175,00	13175,00	12750,00	13175,00	12750,00	13175,00
Ordenador	12400,00	11200,00	12400,00	12000,00	12400,00	12000,00	12400,00	12400,00	12000,00	12400,00	12000,00	12400,00
Dormitorios	2480,00	2240,00	2480,00	2400,00	2480,00	2400,00	2480,00	2480,00	2400,00	2480,00	2400,00	2480,00
Baños	2480,00	2240,00	2480,00	2400,00	2480,00	2400,00	2480,00	2480,00	2400,00	2480,00	2400,00	2480,00
Cocina	1860,00	1680,00	1860,00	1800,00	1860,00	1800,00	1860,00	1860,00	1800,00	1860,00	1800,00	1860,00
Salón	7440,00	6720,00	7440,00	7200,00	7440,00	7200,00	7440,00	7440,00	7200,00	7440,00	7200,00	7440,00
Bomba de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120000,00	99200,00	74400,00	48000,00	0,00	0,00	0,00
Usos diversos	3100,00	2800,00	3100,00	3000,00	3100,00	3000,00	3100,00	3100,00	3000,00	3100,00	3000,00	3100,00
TOTAL (W)	180296,00	162848,00	180296,00	174480,00	180296,00	294480,00	279496,00	254696,00	222480,00	180296,00	174480,00	180296,00
TOTAL (kW)	180,30	162,85	180,30	174,48	180,30	294,48	279,50	254,70	222,48	180,30	174,48	180,30

En esta última tabla, el consumo varía más ya que los meses tienen distinta cantidad de días. De esta manera obtenemos un perfil de consumo:

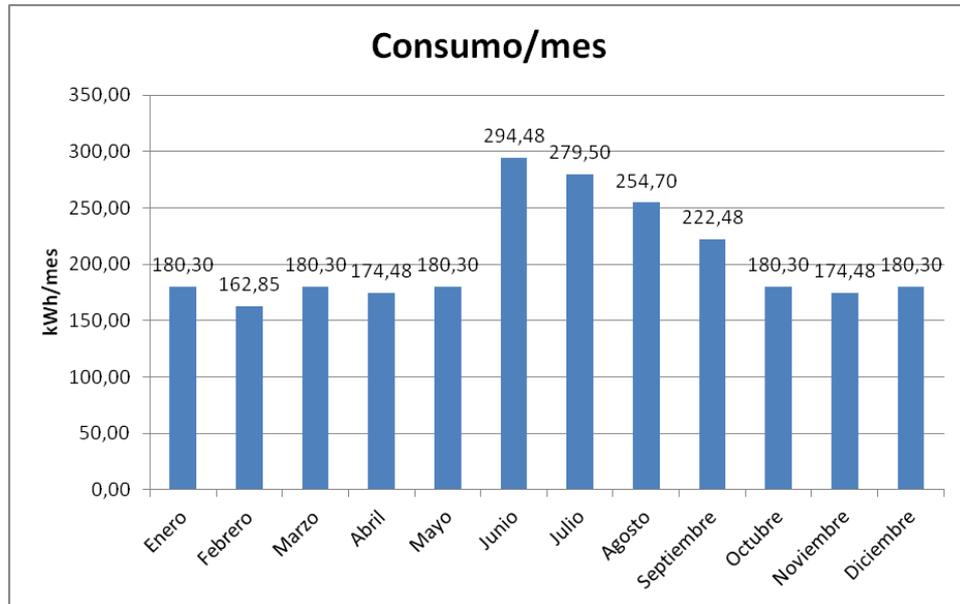


Figura 6.2. Perfil de consumo mensual

Conociendo la cantidad de potencia consumida en periodo diurno es el 60% de la total y la cantidad consumida en periodo nocturno es el resto, podemos concluir lo siguiente:

Tabla 6.3. Consumo de potencia mensual en día y noche

kWh/periodo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Día	108,1776	97,7088	108,1776	104,688	108,1776	176,688	167,6976	152,8176	133,488	108,1776	104,688	108,1776
Noche	72,1184	65,1392	72,1184	69,792	72,1184	117,792	111,7984	101,8784	88,992	72,1184	69,792	72,1184

Y la tarifa contratada (tabla 4.2.) con un precio de 0,15 €/kWh por el día y 0,04 €/kWh de noche:

Tabla 6.4. Coste de la energía mensualmente

Coste (€)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Día	16,23	14,66	16,23	15,70	16,23	26,50	25,15	22,92	20,02	16,23	15,70	16,23
Noche	2,88	2,61	2,88	2,79	2,88	4,71	4,47	4,08	3,56	2,88	2,79	2,88
Total	19,11	17,26	19,11	18,49	19,11	31,21	29,63	27,00	23,58	19,11	18,49	19,11

A estos costes "variables" por potencia, debemos añadirles unos costes fijos cada dos meses que la empresa suministradora nos cobra por:

- Potencia facturada

$$P_f = 4,6 \text{ kW} \cdot 58 \text{ días (de media)} \cdot \frac{0,120215\text{€}}{\text{kW}} = 32,0734 \text{ €}$$

- Alquiler de equipos de medida

$$\text{Alquiler} = 58 \text{ días (de media)} \cdot 0,067397 \frac{\text{€}}{\text{día}} = 3,91 \text{ €}$$

- Seguro de protección de pagos

$$\text{Seguro protección: } 2 \text{ meses} \cdot 0,99 \frac{\text{€}}{\text{mes}} = 1,98 \text{ €}$$

- Servicio de urgencias eléctricas

$$\text{Seguro urgencias: } 2 \text{ meses} \cdot 1,99 \frac{\text{€}}{\text{mes}} = 3,98 \text{ €}$$

Sumando un total de 41,9434 € cada dos meses, unos 20,9717 € mensuales.

Si sumamos los coste por potencia y los costes fijos mensuales, tenemos unos valores:

Tabla 6.5. Costes totales mensuales, sin IVA

Costes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Potencia	19,11	17,26	19,11	18,49	19,11	31,21	29,63	27,00	23,58	19,11	18,49	19,11
Fijos	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97
TOTALES	40,08	38,23	40,08	39,47	40,08	52,19	50,60	47,97	44,55	40,08	39,47	40,08

Se le debe añadir el IVA del 21 %, por lo que aumentan hasta:

Tabla 6.6. Costes totales mensuales, con IVA

Costes con IVA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TOTALES	48,50	46,26	48,50	47,75	48,50	63,15	61,22	58,04	53,91	48,50	47,75	48,50

El coste actual de la energía asciende a 620,59 € anuales.

Con un perfil de consumo en euros de:

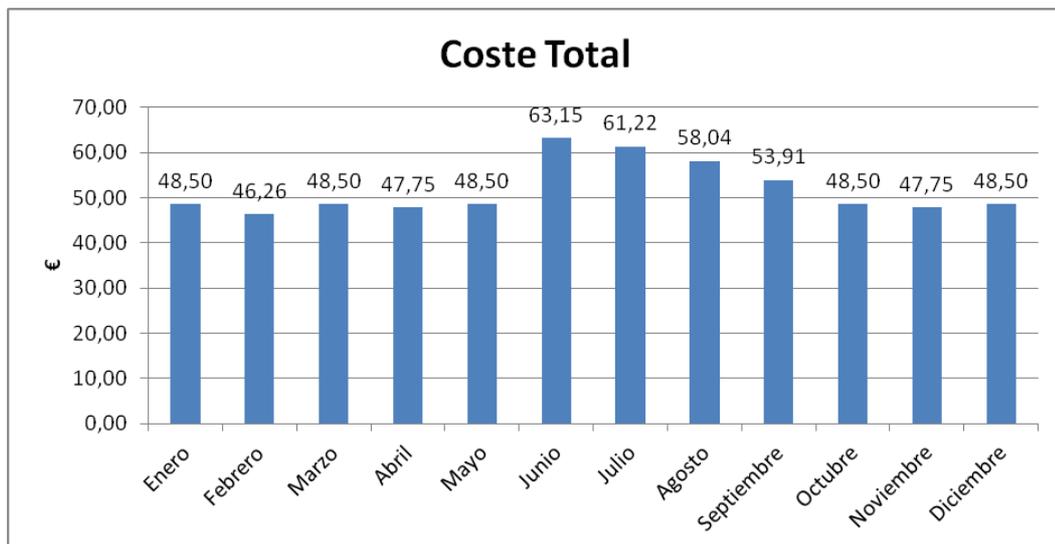


Figura 6.3. Coste total de la energía actualmente

6.2 INSTALACIÓN SOLAR

Los paneles instalados, supuestamente generan el 100% de la energía necesaria en cualquier momento del día en que haya luz solar, y en los momentos en que no se necesite energía, se verterá a la red.

Esta parte, también se calculará mediante hojas de Excel.

Tabla 6.7. Consumo diario y mensual de los aparatos

Consumo/día y mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Televisión	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00
Frigorífico	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00
Lavadora	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Vitrocaramica	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Microondas	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00	425,00
Ordenador	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Dormitorios	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Baños	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Cocina	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Salón	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
Bomba de riego	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4000,00	3200,00	2400,00	1600,00	0,00	0,00	0,00
Usos diversos	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (Wh/día)	5816,00	5816,00	5816,00	5816,00	5816,00	9816,00	9016,00	8216,00	7416,00	5816,00	5816,00	5816,00
TOTAL (kWh/día)	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	9,82	9,02	8,22	7,42	5,82	5,82	5,82
TOTAL mes (kWh/mes)	180,30	162,85	180,30	174,48	180,30	294,48	279,50	254,70	222,48	180,30	174,48	180,30

Conociendo, que la energía se divide en consumo diurno y nocturno en un 60 y un 40 %. Tenemos los consumos separados.

Tabla 6.8. Consumo por periodo tarifario mensual

Consumo medio diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Diurno (kWh/mes)	108,1776	97,7088	108,1776	104,688	108,1776	176,688	167,6976	152,8176	133,488	108,1776	104,688	108,1776
Nocturno (kWh/mes)	72,1184	65,1392	72,1184	69,792	72,1184	117,792	111,7984	101,8784	88,992	72,1184	69,792	72,1184

En el cálculo solar, del apartado 4.4.1., mediante tablas normalizadas tenemos horas solar pico diarias, que si las multiplicamos por la potencia que pueden ofrecer nuestros paneles en esa inclinación y por el número de paneles tenemos los vatios hora al día que produce nuestra instalación. De la forma siguiente:

$$\text{Produccion diaria} = \text{HSP} \cdot \text{potencia panel} \cdot n^{\circ} \text{ paneles}$$

Por ejemplo, para el mes de enero:

$$\text{Produccion diaria} = 2,32 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 255 \text{ W} \cdot 17 \text{ paneles} = 10.057,2 \text{ Wh/día}$$

Tabla 6.9. Producción diaria de los paneles

HSP	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
55° (wh/día)	10057,2	13620,57	18779,22	20088,39	19958,34	21289,185	24770,19	24661,815	24648,81	17907,885	13403,82	9073,155
(kWh/día)	10,06	13,62	18,78	20,09	19,96	21,29	24,77	24,66	24,65	17,91	13,40	9,07

Y así con todos los demás meses del año. Pero como el cálculo lo haremos mensualmente, debemos pasar este valor a Wh/mes, multiplicando por los días de un mes.

$$\text{Produccion mensual} = \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{mes}} = \frac{\text{Wh}}{\text{mes}}$$

Como son valores bastante grandes, los dividimos entre 1000 para pasarlos a kWh/mes.

Tabla 6.10. Producción mensual de los paneles

HSP	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
55º (wh/mes)	311773,2	381375,96	582155,82	602651,7	618708,54	638675,55	767875,89	764516,265	739464,3	555144,435	402114,6	281267,805
(kWh/mes)	311,77	381,38	582,16	602,65	618,71	638,68	767,88	764,52	739,46	555,14	402,11	281,27

Como nosotros producimos esa energía, pero no siempre coincidirá que la vamos a poder consumir en el momento de la generación, aplicamos un coeficiente de simultaneidad del 85%. Es decir, el 85% del tiempo que hay generación de energía, nosotros la consumimos y no debemos recurrir a la red para abastecernos, mientras que el 15% restante es vertido a la red al ser energía excedentaria.

Con esta lógica aplicamos el siguiente ejemplo de cálculo:

Para un consumo medio diario de 1000 Wh/día (700 Wh durante el día y 300 Wh durante la noche.

La producción media diaria en ese periodo son 750 Wh/día

La simultaneidad entre producción y consumo es de un 70%.

Obtenemos que:

Nosotros nos autoabastecemos con 700 Wh/día * 0,7 = 525 Wh/día

Vertemos a la red: 750 Wh/día * 0,3= 225 Wh/día

Consumiríamos de la red: 1000 Wh/día-525 Wh/día = 475 Wh/día, más el consumo nocturno.

Pero como en nuestra instalación, se ha dimensionado para poder proporcionar el 100% de la energía diurna, no consumiríamos de la red salvo en el periodo nocturno.

Con el razonamiento anterior tenemos:

Tabla 6.11. Balance mensual

kWh/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Autoabastecemos	265,01	324,17	494,83	512,25	525,90	542,87	652,69	649,84	628,54	471,87	341,80	239,08
Vertemos a red	46,77	57,21	87,32	90,40	92,81	95,80	115,18	114,68	110,92	83,27	60,32	42,19
Consumimos de red	-84,71	-161,32	-314,54	-337,77	-345,61	-248,39	-373,20	-395,14	-406,06	-291,58	-167,32	-58,78
Consumido red noche	72,12	65,14	72,12	69,79	72,12	117,79	111,80	101,88	88,99	72,12	69,79	72,12
CONSUMIDO TOTAL	72,12	65,14	72,12	69,79	72,12	117,79	111,80	101,88	88,99	72,12	69,79	13,34

La franja amarilla, refleja la ausencia de consumo de red durante el día, por eso el signo negativo, y vemos como lo consumido de la red se corresponde totalmente con el consumo nocturno, es decir cubrimos totalmente la energía diurna.

Ahora mismo, seríamos diurnamente independientes energéticamente.

En cuanto a la energía vertida a la red, ahí está, posiblemente pueda ser cambiada por vales de potencia de ese mismo valor o en una visión muy positiva el pago de las mismas. Si supusiéramos el pago de ésta energía, al ser vendida en horario diurno y ser vendida al mismo precio del que se compra (0,15 €/kWh), tendríamos unas ganancias de:

Tabla 6.12. Supuestas ganancias por energía vertida

Supuestas ganancias (€/mes)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vertemos solo diurno (0,15 €/kWh)	7,01	8,58	13,10	13,56	13,92	14,37	17,28	17,20	16,64	12,49	9,05	6,33

Sumando un total al año de: 149,53 €

6.3 ESTUDIO ECONÓMICO

Desgraciadamente, al seguir conectados a red, deberemos abonar los costes fijos por alquiler de equipos, seguros de urgencias y por potencia contratada, lo que cada mes hace que paguemos una suma de más de 20 €, a la que hay que sumarle el consumo nocturno:

Tabla 6.13. Costes por potencia

COSTES POTENCIA (€)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
kWh/mes noche	72,12	65,14	72,12	69,79	72,12	117,79	111,80	101,88	88,99	72,12	69,79	72,12
a 0,04 €/kWh	2,88	2,61	2,88	2,79	2,88	4,71	4,47	4,08	3,56	2,88	2,79	2,88

Que con los costes fijos asciende a:

Tabla 6.14. Totales de gastos

COSTES FIJOS (€)	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97	20,97
COSTE TOTAL (€)	23,85	23,58	23,85	23,76	23,85	25,68	25,44	25,05	24,53	23,85	23,76	23,85
COSTE TOTAL (IVA) (€)	28,86	28,53	28,86	28,75	28,86	31,07	30,78	30,30	29,68	28,86	28,75	28,86

Con la implantación de esta tecnología, en electricidad gastaríamos 352,20 € anualmente.

Ahora, analizando lo que gastamos al consumir menos energía con lo que gastábamos anteriormente, podemos deducir los ahorros anuales que obtenemos los ahorros anuales.

$$\text{Ahorro} = \text{coste actual} - \text{coste fotovoltaico}$$

$$\text{Ahorro} = 620,59 - 352,20 = 268,39 \text{ €}$$

Y conociendo el coste de la instalación, junto con los gastos de mantenimiento que serán de un 1% (145,62€) de la inversión inicial, y con los ahorro anuales, podemos calcular el periodo de retorno simple, por el que nuestra instalación comienza a ser viable, sería de la siguiente manera:

Tabla 6.15. TIR

TIR	
Coste inicial (€)	14562,50
Ahorro anual (€)	268,39
TIR (años)	54,26

Calculándose de la siguiente forma:

$$\text{TIR} = \frac{\text{Coste inversión inicial}}{\text{Ahorros anuales}} = \frac{14.562,5 \text{ €}}{268,39 \text{ €/año}} = 54,26 \text{ años}$$

Siendo un dato nefasto, ya que es mucho tiempo para poder empezar a recuperar la inversión, y seguramente fueran más ya que habría que cambiar algunos componentes deteriorados, costes de mantenimiento, etc. hacen completamente inviable la instalación de un sistema fotovoltaico.

Estas instalaciones se construyen para tener un retorno simple en un periodo corto-medio, de hasta unos 20 años a lo máximo.

7 CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo, y después de tantos cálculos que llegaron a la consumación de que la instalación de un balance neto en una vivienda no es nada viable al menos en León, podemos concluir:

España es un país con grandes oportunidades energéticas en cuanto a fuentes renovables que no explota y al comprar energías fósiles, tenemos una alta dependencia energética, que provoca una subida de los precios de las energías al saber de su necesidad.

Existe infinidad de normativa en cuanto al sector de energético se trata, creando cierta confusión en su utilización ya que hay muchas leyes y reales decretos derogados o modificados por otros más recientes.

La falta de documentos oficiales que guíen el proceso de producción de las instalaciones de balance neto y de autoconsumo, hace que éstas estén frenadas, que no se puedan desarrollar al igual que en otros países como se vio anteriormente.

En nuestro caso, en León con las tablas de irradiación solar existentes, una instalación de este tipo no sería para nada rentable, ya que no interesa que un proyecto se rentabilice en más de 15 años a lo sumo.

Si tuviéramos en cuenta, además el peaje de respaldo que se debería pagar por instalar estos aparatos en nuestras viviendas, sería impensable pensar en construir una instalación de este tipo.

Una vez terminado el estudio, surge un dilema: por el día no consumimos de la red, y el exceso de la energía es vertida, pero al no estar normalizada esa situación, que pasa, ¿nos pagan por verterla? entonces sí que saldría mucho más rentable:

En el caso, de que la energía vertida fuera pagada al mismo precio que la compramos nosotros de la red, es decir a 0,15 €/kWh, tendríamos unas ganancias de 149,53 € anuales (tabla 6.11), por lo que el ahorro anual ascendería a 417,92 € (ahorro de energía no comprada más las ganancias por la vendida), con un periodo de retorno simple de:

Tabla 7.1. TIR con supuestas ganancias

TIR con ganancias (€)	
Coste inicial (€)	14562,50
Ahorro anual (€)	417,92
TIR con ganancias (años)	34,84

Valor unos 20 años menor que sin ganancias.

Y, si en vez de pagarnos, ¿nos dieran bonos energéticos?, en qué franja horaria podríamos hacer uso de ellos, y si fueran acumulables, ¿llegaríamos a tener energía gratuita?.

Pero quizás existan otras vías para hacer que este tipo de sistemas sean mejorados:

- Por un lado, dimensionar la instalación para poder cubrir el total de la energía diurna, es decir, poder soportar el 60% de la carga diaria. Usaríamos menos paneles, elementos más pequeños en valores técnicos, ahorraríamos lo mismo ya que solo consumimos de la red en periodo nocturno pero verteríamos menos a la red. Y al verter menos, en el supuesto caso de bonos energéticos o venta de energía, no tendríamos tantas ganancias potenciales.
- Y por otro lado, si tal vez, en lugar de dimensionar la instalación para cubrir el total del consumo diario por el día, se hace para cubrir solo una parte, es decir, implantar por ejemplo 5 paneles. Se consumiría más energía de la red, pero la inversión sería menor, es decir, se compensarían ambos valores y quedaríamos en las mismas.

Son pequeños detalles que marcarían el devenir de una nueva tecnología o directamente su desecho ya que en algunas zonas de nuestra geografía no sería nada rentable su instalación, como en este caso.

Si, estudiáramos, esta misma situación, en un punto al sur de la península, por ejemplo en Granada, donde hay muchas más horas solares pico al día, la instalación empezaría a tener su interés, ya que en periodo de retorno simple disminuiría hasta los 20 años. En el caso de que el titular de la instalación, tuviera tiempo y dinero como para esperar a esa rentabilización, sería muy buena opción.

En mi humilde opinión, lo que de verdad hace que estas instalaciones no sean rentables a corto plazo en lugares menos propicios, son los costes fijos por parte de las eléctricas, ya que pagar cerca de 250 € euros al año, por alquiler de aparatos que nunca serán tuyos y por otros costes sin necesidad, me parece una pequeña injusticia, pero puede ser una forma para que las eléctricas tengan cubiertas las espaldas para que este tipo de tecnología nunca crezcan más.

Otra posible opción, sería montar una instalación totalmente aislada de la red, aumentando la inversión por la compra de los sistemas de acumulación (que es lo más caro y lo más difícil de dimensionar) y pagar una vez la electricidad de toda una vida, que al fin y al cabo visto lo visto de las artimañas de las grandes eléctricas puede que sea la mejor opción.

Yo por mi parte, hasta que no se regule el campo del vertido de energía a la red, optaría por la alternativa de balance neto que cubre el total del consumo diario o en su defecto, un parte de él, porque si sobredimensiono mi instalación para verter energía gratuitamente a la red, serían todo pérdidas.

Lista de referencias

- [1] Gregorio Gil García. *Energías del siglo XXI*. 2008
- [2] **Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas** en 1987, por la que se aprueban todas las definiciones de desarrollo sostenible.
- [3] <http://www.unesa.es/sector-electrico/la-regulacion-electrica-en-espana-y-europa/regulacion-del-sistema-electrico-espanol/leyes> fecha de acceso 9/5/2014 fecha de acceso 8/05/2014
- [4] www.elconfidencial.com fecha de acceso 9/5/2014.
- [5] <http://www.minetur.gob.es/energia/es-ES/Paginas/index.aspx> Ministerio de Industria, Energía y Turismo, fecha de acceso 11/05/2014
- [6] www.ree.es Red Eléctrica Española, fecha de acceso 11/05/2014
- [7] www.appa.es Asociación de Productores de Energías Renovables fecha de acceso 12/05/2014
- [8] <http://www.eclareon.com/es/proyectos> Eclareon, fecha de acceso 15/05/2014
- [9] www.greenestenergy.com Green Est Energy, fecha de acceso 15/05/2014
- [10] www.placassolaresonline.com Placas Solares Online, fecha de acceso 16/05/2014
- [11] www.soliclima.com Sol y Clima, fecha de acceso 14/05/2014
- [12] www.automatizat.wordpress.com Word Press, fecha de acceso 14/05/2014
- [13] www.unef.es Unión Española Fotovoltaica, fecha de acceso 17/05/2014
- [14] www.unef.es/2013/11/autoconsumo-asi-funciona-en-otros-paises/ fecha de acceso 17/06/2014. Cita de David Pérez, socio de la consultora Eclareon, especializada en renovables y autora del informe Photovoltaic Grid Parity Monitor, que evalúa el autoconsumo en diez países y la competitividad fotovoltaica respecto al precio de la electricidad de la red.
- [15] <https://www.google.es/maps/@42.5596181,-5.5670107,13z> Google Maps, fecha de acceso 11/06/2014
- [16] <http://www.sigpac.jcyl.es/Visor/> Visor Sigpac Junta de Castilla y León, fecha de acceso 11/06/2014
- [17] <http://es.krannich-solar.com/> Krannich Solar, fecha de acceso 12/06/2014
- [18] <http://www.tritec-energy.com/es/paneles-solares/serie-rec-peak-energy-paneles-policristalinos-con-maximo-rendimiento-c-187/> Tritec-Energy, fecha de acceso 12/06/2014
- [19] <http://files.sma.de/dl/17781/STP9000TL-DES134617W.pdf> SMA Ibérica , fecha de acceso 20/06/2014
- [20] http://www.renova-energia.com/productos_reguladores/phocos_cx4820.html Renova Energía, fecha de acceso 20/06/2014
- [21] <http://circuitor.es/docs/M98230701-01.pdf> CIRCUTOR, fecha de acceso 20/06/2014

Bibliografía y recursos web

Noticias jurídicas:

<http://noticias.juridicas.com/>

Ministerio de industria, energía y turismo:

http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_itcs.aspx

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos

Unión Española Fotovoltaica: www.unef.es

Portal Energías Renovables: <http://www.energias-renovables.com/>

Recursos ambientales, clima y energía:

<http://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/es/medio-ambiente-clima-energia/startseite-klima/las-energias-renovables-el-futuro-eficiente.html>

Artículo sobre el futuro de las renovables:

<http://www.daphnia.es/revista/57/articulo/1155/Que-futuro-le-espera-a-las-renovables-en-Espanya>

Blog Universidad de Zaragoza:

http://personal.unizar.es/rdufo/index.php?option=com_content&view=article&id=12:balance&catid=10&Itemid=120&lang=es

Blog Energía Sostenible:

<http://www.blogenergiasostenible.com/balance-neto-espana-europa-y-america/>

Empresa renovables SMA:

www.sma-iberica.com

Eclareon:

www.eclareon.com

ANEXO I. FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE EJEMPLO DE CÁLCULO

PANELES SOLARES



Modelo	REC 255 PE Poly
Campo de aplicación	
Potencia nominal	255 W +5 W, -0 W
Tensión máx. del sistema	1000 V
Tensión de servicio	30.5 V
Corriente de servicio	8.42 A
Tensión en circuito abierto	37.6 V
Corriente de cortocircuito	8.95 A
Coefficiente de temp. potencia	-0.40 %/°C
Coefficiente de temp. tensión	-0.27 %/°C
Coefficiente de temp. corriente	0.024 %/°C
Carga máx. de corriente inversa	25 A
Temperatura admitida por el panel	-40 a +80 °C
Células por panel	60 uds
Tipo de célula	Silicio policristalino
Dimensiones de la célula (l / a)	156 mm / 156 mm
Tipo de conexión	Cables 4 mm ² con conectores MC4
Marco de montaje	Aluminio anodizado
Lámina posterior	Blanca
Dimensiones (l / a / a)	1665 mm ±2.5 mm / 991 mm ±2.5 mm / 38 mm ±1 mm
Peso	18 kg
N° por camión	600 uds
Carga máx.	5400 N/m ²
Garantía de rendimiento *	25 años
Garantía de producto	10 años
Normas	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716, IEC 61701, marca CE, MCS, PV CYCLE, BBA

Figura A.1. Ficha técnica paneles solares. Fuente: [18]

INVERSOR

Datos técnicos	Sunny Tripower 5000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. de CC ($\cos \phi = 1$)	5100 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP / tensión asignada de entrada	245 V - 800 V / 580 V
Tensión de entrada mín. / de inicio	15 V / 188 V
Corriente máx. de entrada (entrada A / B)	11 A / 10 A
Corriente máx. de entrada por string (entrada A / B)	11 A / 10 A
Número de entradas independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	2 / A:2; B:2
Salida (CA)	
Potencia asignada (230 V, 50 Hz)	5000 W
Potencia aparente de CA máx.	5000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Rango de tensión nominal de CA	160 V - 280 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignadas de red	50 Hz / 230 V
Corriente de salida máx.	7,3 A
Factor de potencia a potencia asignada	1
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo ... 0,8 capacitivo
Fases de inyección / conexión	3 / 3
Rendimiento	
Rendimiento máx. / europeo	98 % / 97,1 %
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC) / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●
Clase de protección (según IEC 62103) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I / III
Datos generales	
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 in)
Peso	37 kg (81,6 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C (-13 °F ... +140 °F)
Emisiones de ruido (típicas)	40 dB(A)
Autoconsumo (nocturno)	1 W
Topología / sistema de refrigeración	Sin transformador / OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %

Figura A.2. Ficha técnica inversor. Fuente: [19]

SISTEMA DE REGULACIÓN



CX48 V series (20 – 40 A)

Solar Charge Controller with LCD Display

Type	CX48 20	CX48 40
System voltage	24/48 V auto recognition	
Max. charge/load current	20 A	40 A
Float charge	27.4/54.8 V (25 °C)	
Main charge	28.8/57.6 V (25 °C), 30 min. (daily)	
Boost charge	28.8/57.6 V (25 °C), 2 h activation: battery voltage < 24.6/49.2 V	
Equalization	29.6/59.2 V (25 °C), 2 h activation: battery voltage < 24.2/48.4 V	
Deep discharge protection:		
State of charge dependent	A: 22.8 - 23.8 V / 45.6 - 47.6 V B: 22.0 - 23.5 V / 44.0 - 47.0 V	
Voltage dependent	A: 22/44 V B: 23/46 V	
Adaptive Reconnect level	22.0 - 24.4 V / 44.0 - 48.8 V 25.6/51.2 V	
Overvoltage cut off	31.0/62.0 V	
Undervoltage cut off	21.0/42 V	
Max. panel voltage (Overvoltage protection by varistor)	50 V in 24 V system 95 V in 48 V system	
Temperature compensation (Charge voltage)	-50 mV/K at 24 V -100 mV/K at 48 V	
Self consumption	< 10 mA	
Grounding	positive grounding	
Ambient temperature	-20 to +50 °C	
Max. height	4,000 m above sea level	
Battery type	lead acid GEL, AGM, flooded	
Wire cross section	=< 16 mm ²	
Weight	348 g	365 g
Dimensions (W x H x D)	110 x 92 x 58 mm	
Type of protection	IP 22	

Figura A.3. Ficha técnica regulador. Fuente: [20]

CONTADOR BIDIRECCIONAL



CONTADOR TRIFÁSICO ESTÁNDAR CIRWATT B

1.30.- Características técnicas

Alimentación	
Modo	Autoalimentado
Tensión Nominal	3 x 57(100) a 3 x 230(400) V
Tolerancia	± 20%
Consumo	< 2W 10VA
Frecuencia	50/60Hz de forma indistinta
Temperatura de uso	-40 °C ... +70 °C
Medida Tensión	
Conexión	Asimétrico
Tensiones de referencia	3 x 57(100) a 3 x 230(400) V según versión
Frecuencia	Automática (50/60Hz de forma indistinta)
Autoconsumo circuito de tensión	< 2W 10VA
Medida de corriente	
Corrientes (In)	5 A (versión semi-indirecta) 10 A (versión directa)
Intensidad máxima	10 A (versión semi-indirecta) 100 A (versión directa)
Corriente de arranque	< 10 mA
Autoconsumo circuito de corriente	0,3 VA a 10 A
Precisión	
Energía Activa	Clase B (UNE EN 50470); Clase 1 (IEC 62052-11 ó IEC 62053-21)
Energía Reactiva	Clase 2.0 (IEC 62053-23)
Cálculo y Procesado	
Microprocesador	RISC 16 Bits
Convertidor	16 bits
Memoria	
Datos	Tipo RAM salvada por pila de litio
Setup, eventos, curva carga	Memoria no volátil tipo FLASH
Pila:	
Tipo	Litio
Vida	> a 20 años
Reserva de marcha sin alimentar el contador	> a 5 años
Reloj:	
Fuente	Oscilador de cuarzo autocompensado
Deriva	< 0.5 segundos/día a 25 °C

Figura A.4.1. Ficha técnica contador bidireccional. Fuente: [21]

Salida tarifa (según versión)	
Tipo	Relé
Operativa	Selección de la tarifa de activación
Características eléctricas	Máx. 250V AC 5A con conexión a potencial de neutro cuando se activa
Entrada de impulsos (según versión)	
Tipo	Aisladas mediante optoacoplador
Operativa	Lectura de impulsos con ancho >30ms. Máximo 8 impulsos/seg.
Características eléctricas	Autoalimentado a +5V. Corriente máxima: 8mA
Corriente de fugas (según versión)	
Tipo	Apta para trabajar con los transformadores WN de Circutor
Operativa	Medida de la corriente de fugas detectadas por el WN con una cadencia de 1 segundo
Características eléctricas	Corriente máxima: 300mA + 20% de sobrerango
Características constructivas	
Envolvente	Según norma DIN 43859
Dimensiones	Según norma DIN 43857
Grado de protección	IP 51
Puerto óptico	
Hardware	EN 62056
Velocidad	9600
Protocolo	Protocolo de REE basado en IEC-870-5-102
PLC (según versión)	
Protocolo	Protocolo de REE basado en IEC-870-5-102
Sistema modulación	DCSK con sistema de repetidores
Consumo	1,2W 12VA
Puerto eléctrico (según versión)	
Hardware	RS232 ó RS485
Velocidad	De 9600 a 38400 baudios
Protocolo	Protocolo de REE basado en IEC-870-5-102
Ethernet (según versión)	
Hardware	Ethernet
Velocidad	De 9600 a 38400 baudios
Protocolo	Protocolo de REE basado en IEC-870-5-102
Detector de intrusismo	
Activación	Manipulación del contador o conexionado
Retardo	La activación está retardada 72 horas para facilitar la instalación

Figura A.4.2. Continuación ficha técnica contador bidireccional. Fuente: [21]

Aislamiento	
Tensión alterna	4 kV RMS 50Hz durante 1 minuto
Sobreimpulso	
1,2/50 ms 0W impedancia fuente	6 kV a 60° y 240° con polarización positiva y negativa
Ensayos/Normas:	
EN 50470-1 y EN 50470-3	Normas para contadores estáticos de energía activa para corriente alterna de clase B.
EN 55022	Emisiones conducidas: Clase B Emisiones radiadas: Clase B
EN 61000-4-11	Huecos e interrupciones breves de tensión
EN 61000-4-2	Descargas electrostáticas
EN 61000-4-3	Campos electromagnéticos de radiofrecuencia (RF)
EN 61000-4-4	Transitorios eléctricos en ráfagas
EN 61000-4-5	Onda de choque.
EN 61000-4-6	Perturbaciones conducidas inducidas por campos de radiofrecuencia
EN 61000-4-8	Campos magnéticos a la frecuencia de la red de origen externo

Figura A.4.3. Continuación ficha técnica contador bidireccional. Fuente: [21]